Int'l Revue der Gesamten Hydro.
44(4)
44(4)

INTERNATIONALE REVUE DER GESAMTEN HYDROBIOLOGIE

LIBRARY
OCT 10 1960
FISH & WILDLIFE SERVICE

Begründet von R. Woltereck

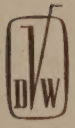
HERAUSGEGEBEN VON

Hubert Caspers, Hamburg · Fritz Gessner, München
Arno Wetzel, Leipzig

UNTER MITARBEIT VON

P. Bourrelly, Paris · V. Brehm, Lunz · B. Fott, Prag · D. G. Frey, Bloomington
H. Luther, Helsinki · R. Margalef, Barcelona · C. H. Mortimer, Millport
H. Oka, Tokio · W. Rodhe, Upsala · W. Schäperclaus, Berlin
V. Tonolli, Pallanza · L. Zenkevitch, Moskau

BAND 44 · HEFT 4
1959



VEB DEUTSCHER VERLAG DER WISSENSCHAFTEN · BERLIN

INHALTSVERZEICHNIS HEFT 4:

ANTE ERCEGOVIĆ: Les facteurs de Sélection et d'Isolement dans la genèse de quelques espèces d'algues adriatiques 473

THEODOR SCHRÄDER: Zur Limnologie und Abwasserbiologie von Talsperren, obere Saale, Thüringen 485

B. G. BOGOROV: On the standardisation of marine plankton investigations 621

Band 45, Heft 1 wird u. a. folgende Arbeiten enthalten:

REGINA ELBERTZHAGEN-BEIL: Ein stoffwechselphysiologischer Beitrag zum Heterophyllieproblem bei Wasserpflanzen.

FRITZ GESSNER: Limnologische Untersuchungen am Zusammenfluß des Rio Negro und des Amazonas (Solimões).

RAMÓN MARGELEF: Ideas for a synthetie approach to the ecology of running waters.

RUDOLF ZAHNER: Über die Bindung der mitteleuropäischen Calpoterys-Arten an den Lebensraum des strömenden Wassers. II. Der Anteil der Imagines an der Biotopbindung.

H. J. SEMINA: The influence of vertical circulation on the phytoplankton production.

Die „Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie" veröffentlicht Originalarbeiten aus allen Zweigen der Hydrobiologie.

Redaktion und Verlag:
VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin W 8, Niederwallstraße 39.
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des Verlages gestattet. Veröffentlicht unter der Lizenznummer 5431 des Ministeriums für Kultur der Deutschen Demokratischen Republik.
Herstellung durch den VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin.
Satz und Druck: Druckerei „Magnus Poser" Jena.

Erscheinungsweise:
Von der Zeitschrift erscheint jährlich 1 Band in 4 Heften, Umfang je Heft etwa 160 Seiten, Preis je Band DM 120,—, Preis je Heft DM 30,—.

Bezugsmöglichkeiten:
Im Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik einschließlich des demokratischen Sektors von Groß-Berlin ist die Zeitschrift durch den Buchhandel zu beziehen.
Im Gebiet der Deutschen Bundesrepublik und der Westsektoren von Berlin ist die Zeitschrift durch den Buchhandel oder direkt durch die Firmen „Kunst und Wissen", Inh. E. Bieber, Stuttgart S, Wilhelmstraße 4, KAWE, Kommissionsbuchhandlung GmbH, Berlin-Charlottenburg 2, Jebensstraße, und „Helios-Literatur-Vertriebs-GmbH", Berlin-Borsigwalde, Eichborndamm 141—167, zu beziehen.
Bestellungen aus dem Ausland werden direkt an den VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin W 8, Niederwallstraße 39, erbeten.

A. Ercegović

Institut d'Océanographie et de pêche, Split

LES FACTEURS DE SÉLECTION ET D'ISOLEMENT DANS LA GENÈSE DE QUELQUES ESPÈCES D'ALGUES ADRIATIQUES[1])

TABLE DES MATIÈRES

Variabilité 473
Le facteur de la Sélection chez les Cystoseira 476
L'influence du facteur d'Isolement 477
Spéciation et développement des espèces nouvelles 478

Nous avons étudié la variabilité des *Cystoseira* adriatiques et sa capacité de produire, sous l'influence de la Sélection et de l'Isolement, des espèces nouvelles.

Variabilité

Quelques espèces de *Cystoseira* présentent un très haut degré de variation. Parmi celles-ci, je veux, surtout, citer les *C. corniculata* (Wulf.) Zanard., *C. spicata* Erceg., *C. discors* (L.) Ag., *C. barbata* (Good. et Woodw.) Ag., *C. abrotanifolia* Ag., *C. crinita* (Desfont.) Duby et, surtout, *C. spinosa* Sauvag., qui varient par plusieurs caractères. Tout d'abord, la forme des rameaux et des épines (folioles) est un élément remarquable de variation, passant de la section cylindrique à la section partiellement ou complètement aplatie (fig. 1). Ce phénomène d'aplatissement est particulièrement caractéristique pour le groupe *spinifera* (*C. spinosa* et les espèces issues de celle-ci), mais il est aussi très marqué chez les *C. discors*, *C. abrotanifolia* et, moins accusé, chez les *C. corniculata* et *C. barbata*. Les autres éléments de variation sont: la densité — chez les groupes de *crinitoides* et de *spinifera* — et le degré de polymérisation des

[1]) In diesem Jahr hatte die biologische Wissenschaft Anlaß, den 150. Geburtstag von Charles Darwin zu feiern. Uns scheint jedoch noch ein zweiter Anlaß zu bestehen, gewissermaßen die 100. Wiederkehr seiner geistigen Geburt. Am 24. November 1859 erschien die erste Auflage des Darwinschen Hauptwerkes „The Origin of Species by Means of Natural Selection". Es leitete eine Revolution auf fast allen Gebieten der Biologie ein, also auch auf dem der Hydrobiologie. So sei denn mit Aufnahme der Arbeit von Dr. Ercegović, welche das Wirken der Darwinschen Faktoren in ihrer Bedeutung für die Artbildung mariner Algen darlegt, das 4. Heft der Internationalen Revue für Hydrobiologie dem großen Manne aus Down und seinem Werke gewidmet.

Die Herausgeber.

Fig. 1. Forme des rameaux passant de la section cylindrique à la section partiellement ou complètement plate (superesp. *C. spinifera*).

Fig. 2. Passage des conceptacles de la base des feuilles sur l'axe des rameaux (superesp. *C. spinifera*).

feuilles — chez les *C. corniculata*, *C. spicata* et le groupe *spinifera* (fig. 2); l'apparition et la fréquence des aerocystes — chez les *C. spicata* et *C. abrotanifolia*; la forme et la densité des cryptes — chez les *C. discors*, *C. abrotanifolia* et *C. crinita*; l'épaisseur des rameaux — chez le groupe *spinifera*, *C. barbata* et *C. discors*; le degré de ramification et le rapport entre la longueur des rameaux primaires (G) et des secondaires (g) qui se manifeste dans ce que nous appelons le quotient des rameaux (G/g) — chez le groupe de *spinifera* et le *C. spicata*; la position basale (à la base des feuilles) ou axiale (le long des rameaux) des conceptacles — chez le groupe de *spinifera* (fig. 2); le développement et la forme (réduite ou non) du thalle — chez le *C. abrotanifolia* et, enfin, la couleur du thalle variant entre le vert olive et le jaune d'or — plus ou moins chez toutes les espèces eurybathiques.

Les variations des différents caractères morphologiques que nous venons de citer sont-elles conditionnées par la constitution interne et ont-elles, par conséquent, la valeur de petites mutations héréditaires ou bien présentent-elles simplement des accomodations phénotypiques pinduites ar des facteurs externes du milieu et dépourvues de toute valeur héréditaire? En l'absence d'investigations génétiques et cytologiques et de cultures expérimentales nous ne sommes pas en mesure de donner une réponse définitive. Il existe cependant certains résultats des études morphologiques et écologiques des variations des *Cystoseira* qui peuvent être admis comme indicateurs d'une variabilité constitutive et héréditaire. D'après les auteurs (Mayr 1947) de tels indicateurs seraient: l'existence des différences morphologiques assez considérables pour caractériser et séparer les espèces; la présence de diverses variantes individuelles dans la même localité ou la même station; chez la variation l'absence de caractère adaptif et, enfin, la réaction différente — c'est à dire la variation dans le sens inverse de différentes espèces — dans les mêmes conditions du milieu. En nous fondant sur ces indicateurs nous pouvons supposer que les variations des *Cystoseira* ont réellement une valeur héréditaire. L'aplatissement des parties du thalle, paraît avoir une telle valeur, car nous rencontrons, dans les mêmes conditions de milieu, des rameaux cylindriques et aplatis; de plus la forme du thalle, cylindrique ou aplatie, est communément considérée, par les systématiciens, comme caractère distinctif des espèces. Pour ces mêmes raisons, la densité et le degré de polymérisation des feuilles, la forme et la densité des cryptes et des aerocystes présentent, elles aussi, des éléments constitutionels de variation. Comme caractères constitutionels et héréditaires nous considérons aussi le degré de ramification et le quotient G/g, parce qu'ils paraissent être dépourvus d'une valeur adaptive et parce que, dans les deux groupes où ils se manifestent (groupe de *spinifera* et *C. spicata*), ils varient, dans les conditions identiques du milieu, en sens opposé. (Dans le groupe *spinifera*, le degré de ramification s'accroît et le quotient G/g diminue du littoral vers le large; chez le *C. spicata* ces deux variations vont en sens inverse.) La position basale ou axiale des conceptacles présente une variabilité instable, individuelle, sans aucune valeur apparente d'adaptation, ce qui témoigne de son caractère héréditaire. — En ce qui concerne la variabilité de la couleur du thalle, quelques faits observés (par ex. l'aptitude inégale, chez diverses formes de *Cystoseira*, à produire des variantes jaunes dans la profondeur, Ercegović 1952, p. 202) et les expériences de Montfort — suivant lesquelles, chez les différentes espèces d'algues brunes, il existerait des différences héréditaires en ce qui concerne l'aptitude à produire de la fucoxanthine au lieu de la xanthophylle (Monfort 1940) — nous amènent à supposer que la couleur jaune des échantillons de profondeur n'est, probablement pas, du moins entièrement, une conséquence phénotypique de la réduction de la chlorophylle mais, pour une part aussi, le résultat de la cumulation de la composante fucoxanthique.

Il résulte, donc, de ce que nous venons d'exposer que les formes de variabilité citées ci-dessus sont entièrement, ou du moins en partie (variabilité de la couleur), génétiquement déterminées et que les *Cystoseira* jouissent de la faculté de produire, chez leurs descendants, de petites mutations qui, sous l'influence de la Sélection et de l'Isolement, peuvent s'accumuler et aboutir à constituer de nouvelles unités systématiques. Mais les *Cystoseira* sont-elles subordonnées aux influences de la Sélection et de l'Isolement ?

Le facteur de la Sélection chez les *Cystoseira*

Tout d'abord, les *Cystoseira*, subissent-elles l'influence de la Sélection ? Afin de répondre à la question précédente nous voulons souligner deux faits. Le premier est que les *Cystoseira* montrent, dans plusieurs caractères — en plus de la variabilité individuelle — une variabilité de groupe. En vertu de celle-ci, diverses populations sont caractérisées — comme unités totales — par différents degrés de variations. Ainsi, par exemple, la population du *C. spicata* sur la côte de l'îlot de Jabuka — au centre de l'Adriatique — est caractérisée, par rapport à celle de la digue de Split (littoral de l'Adriatique moyenne), par un degré de ramification inférieur, par un quotient G/g plus grand (rameaux secondaires moins longs), l'absence d'aerocystes et une couleur jaunâtre du thalle. D'une manière analogue, la population du *C. adriatica*, sur la côte de l'île de Vis (à Rukavac) se différencie de celle de la côte de Split par l'épaisseur moindre des rameaux, par une densité moindre des feuilles, par un plus haut degré de ramification et un moindre quotient G/g ainsi que par une concentration beaucoup plus grande des conceptacles sur l'axe des rameaux. D'une manière générale, les différentes populations de diverses espèces se distinquent les unes des autres par différents degrés de variation des éléments variants.

Une autre particularité intéressante réside dans le fait que les variations de diverses populations sont graduelles et progressives, c'est à dire que leur gradient de variation est déterminé par le gradient d'un facteur du milieu. Ainsi la forme du thalle varie progressivement avec la profondeur, car toutes les parties végétatives annuelles deviennent de plus en plus plates en descendant vers le fond. Cette régularité assez générale apparaît le plus nettement chez le *C. adriatica*. L'aplatissement chez quelques espèces, mais dans une moindre mesure, se produit aussi avec leur extension géographique dans le sens longitudinal (vers le nord-ouest du littoral) et le sens transversal, mais ce dernier uniquement chez les exemplaires de profondeur. — De même que la forme, les autres éléments variants montrent aussi une variabilité progressive. Le degré de polymérisation et la densité des feuilles — chez le groupe *spinifera* et les *C. corniculata*, *C. spicata* et *C. crinita*, diminuent dans le sens transversal (en allant vers le large) et, chez les espèces eurybathiques, avec la profondeur. L'épaisseur des rameaux — chez les *C. adriatica* et *C. barbata* — diminue en s'éloignant de la côte; dans la même direction, le degré de ramification s'accroît — chez le groupe *spinifera* — ou bien décroît — chez le *C. spicata* — et le quotient G/g diminue — chez le *spinifera* — ou bien s'elève — chez le *C. spicata*. Toujours en allant vers le large, les aerocystes deviennent moins nombreuses ou disparaissent — chez les *C. abrotanifolia*, *C. barbata* et surtout *C. spicata* — et les conceptacles prennent de plus en plus la position axiale — chez le groupe *spinifera*. — Chez presque toutes les formes, la couleur jaune s'accentue de plus en plus avec la profondeur.

Comment expliquer les deux faits cités: les variations de groupe et la variabilité graduelle et progressive ? Ils peuvent être éclairés et compris uniquement en supposant que les variations ou bien les petites mutations héréditaires sont fortement subordon-

nées aux influences de la Sélection qui choisit entre elles et les dispose sur le terrain: l'action sélective est dûe à des facteurs (écologipues ou geógraphiques) du milieu, eux aussi graduels et progressifs. Cette action sélective agit non seulement sur les variations adaptives telles que: l'acroissement de la composante jaune avec la profondeur chez la plupart des formes de profondeur, la réduction partielle du thalle de *C. abrotanifolia* dans les endroits battus, l'accroissement du quotient G/g c'est à dire le raccourcissement des rameaux secondaires et, en conséquence, la forme linéaire et souple des rameaux primaires chez le *C. spicata* du large et, peut-être, l'aplatissement des parties annuelles du thalle avec la profondeur — mais aussi sur les variations dont le caractère adaptif est moins net (le degré de polymérisation et la densité des feuilles, la présence ou l'absence d'aerocystes et de cryptes) ou nullement apparent (amincissement des rameaux et la position — basale ou axiale — des conceptacles). Il semble donc très vraisemblable que l'action sélective choisit non seulement parmi les variations des *Cystoseira* ayant une certaine valeur adaptive, utile pour la survivance, mais aussi parmi celles qui présentent seulement un plus haut degré d'une certaine harmonie écologique.

L'influence du facteur d'Isolement

La variabilité de groupe caractérisant diverses populations montre aussi l'action d'un autre facteur d'évolution: le facteur Isolement. On peut observer le fait que deux populations de la même espèce de *Cystoseira*, situées sur deux points littoraux très éloignés l'un de l'autre — l'une, par ex., sur la côte de la presqu'île de Pelješac et l'autre sur la rive occidentale de l'Istrie, différent entre elles beaucoup moins que ne diffèrent les populations du même groupe d'algue croissant sur la côte de Split et celle de Jabuka, bien que ces deux stations soient trois à quatre fois moins éloignées que ne le sont celles du littoral que nous venons de citer. L'explication de ce fait doit être cherchée dans la continuité et la compacité d'une vaste population du littoral et, d'autre part, dans l'interruption et l'isolement des populations insulaires. Il faut remarquer que l'aire d'extension géographique de diverses espèces, abstraction faite de la portion occupant le long littoral de la terre ferme, est répartie en plusieurs populations insulaires plus ou moins restreintes, séparées par de nombreux canaux. Nous ne sommes pas en mesure d'établir dans quelle mesure les canaux agissent comme des barrières physiques empêchant la fusion des populations voisines. Les barrières sont souvent relatives. Ce qui représente une barrière physique pour une espèce, ne doit pas, nécessairement, en être une pour une autre. En ce qui concerne les *Cystoseira*, on ne sait pas combien de temps leurs cellules reproductives peuvent conserver la faculté de fécondation et si les canaux peuvent empêcher la fusion des populations séparées. En tout cas nous ne doutons pas que les canaux favorisent un isolement, tout au moins partiel, rendant plus difficile la rencontre des cellules reproductives des populations séparées ou les rendant incapables de donner des descendants fertiles.

En ce qui concerne les populations de petits îlots éloignés, situés au milieu de l'Adriatique (Jabuka, St. Andrea, Palagruža), tout semble indiquer que leur isolement est complet. Multiples sont les faits qui plaident en faveur de cette opinion: existance de différences très importantes dans l'aspect morphologique de leurs populations; apparition de certains caractères morphologiques aberrants et sans aucune valeur adaptive (aplatissement partiel des rameaux chez le *C. spicata*, espèce de surface, fig. 3); présence de quelques espèces endémiques, par ex. du *Peysonnelia magna* Erceg. (qui en dehors de Jabuka, n'a été rencontré nulle part en Adriatique ou en

dehors de cette mer) et, enfin, la divergence des lézards qui a abouti, ici, à une subspéciation inconnue sur le continent de l'est adriatique. — Il ressort, donc, de tout cela que les *Cystoseira* adriatiques subissent, aussi, l'influence très nette du facteur d'Isolement.

Spéciation et développement des espèces nouvelles

Les activités des trois facteurs d'évolution: de la variabilité, de la Sélection et de l'Isolement ont abouti à la genèse de nouvelles espéces.

Les activités sélective et isolatrice peuvent être exercées par des agents écologiques, géographiques ou bien en partie écologiques et en partie géographiques. Pour cette raison la spéciation, chez les *Cystoseira*, peut être d'ordre écologique, géographique ou en partie écologique et en partie géographique. Dans tous ces types de spéciation, les degrés de divergences peuvent être différents suivant le potentiel évolutif de chaque espèce. Il y a, par conséquent, des espéces dont la variabilité conduit à de nouvelles sousespèces et d'autres dont la divergence aboutit au développement de nouvelles espèces.

La spéciation écologique s'opère sous l'influence des facteurs écologiques parmi lesquels le choc des vagues et la profondeur (éclairement) paraissent être les plus efficaces. Sous l'action du choc des vagues, le *C. abrotanifolia*, dans les stations

Fig. 3. Aplatissement partiel des rameaux chez le *C. spicata* subsp. *elegans*.

Fig. 4. *C. spinosa*, partie supérieure d'un rameau primaire.

plus ou moins battues, diverge du type en reduisant ses parties longues et arrondies et se transforme ainsi en la sousespèce *rosetta*. — *C. spinosa* (fig. 4) dans les endroits très exposés, se transforme en une forme à tige courte, à rameaux très rigides, à feuilles découpées et polytomes, à conceptacles presque exclusivement à la base des feuilles, cette forme ne différant — paraît-il — en rien du *C. squarrosa*, décrit par De Notaris et plus tard par Sauvageau (fig. 5). — Sous le rapport de la profondeur (éclairement) toutes les espèces eurybathiques (euryphotiques) divergent jusqu'à former de sousespèces nouvelles qui sont surtout caractérisées par un certain degré d'aplatissement du thalle et l'enrichissement de la composante jaune (fucoxanthine) des pigments assimilateurs (*C. adriatica* sousesp. *compressa*, fig. 6, *C. corniculata* s. *laxior* Erceg. 1952, tab. II).

La spéciation géographique s'effectue dans le sens longitudinal — en allant du sudest vers le nordouest du littoral — et, surtout, dans le sens transversal — c'est à dire en s'éloignant de la côte (du littoral) vers le large (en direction des îlots de Jabuka, Palagruža etc.). Parmi les espèces qui présentent cette sorte de spéciation je cite seulement *C. spicata*, *C. crinita* et, surtout, le *C. spinosa* et ses descendants. *C. spicata* — differant par plusieurs caractères de l'espèce méditerranéenne *C. stricta*, qui lui est la plus proche — en allant vers le littoral d'un côte, et de l'autre, vers le large a subi des changements qui ont abouti à deux formes que nous avons con-

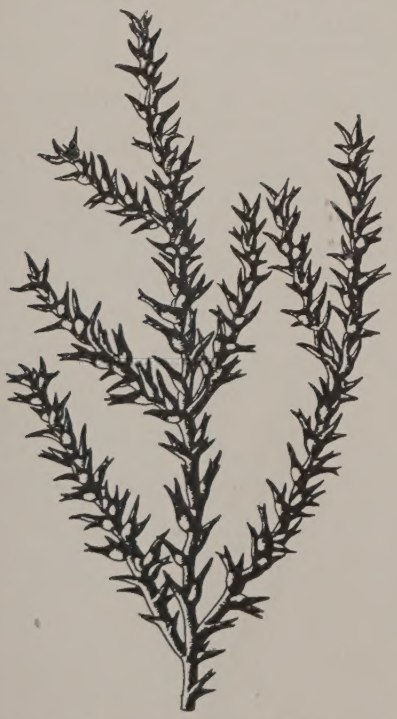


Fig. 5. *C. squarrosa*, partie supérieure d'un rameau primaire.

Fig. 6. *C. adriatica* sousesp. *compressa*, partie supérieure d'un rameau primaire.

sidérées comme deux sous-espèces distinctes: la sous-esp. *crassa* du littoral (Erceg. 1952, tabl. XVII) et la sous-esp. *elegans* des petits îlots éloignés (Erceg. 1952, tabl. XVIII). Celle-ci est bien caractérisée vis-à-vis de la première par son degré de ramification plus faible et la longueur des rameaux secondaires moindre (le quotient G/g plus élevé), par son habitus beaucoup moins massif, plus élancé et souple, par la couleur du thalle faiblement jaunâtre et par l'apparition d'une courte végétation estivo-automnale. — Le *C. crinita* montre un degré un peu plus élevé de spéciation géographique. Les populations de la pleine mer croissant autour des îlots de Jabuka, St. Andrea, Palagruža etc. et dépourvues complètement ou presque de feuilles (épines) dans la zone littorale de l'Adriatique moyenne sont remplacées par d'autres qui se différencient — en dehors d'autres caractères — par la présence et une densité considérable des feuilles (= *C. crinitophylla*, fig. 7). — Le plus haut degré de spéciation géographique est offert par le *C. spinosa* et ses descendants. La variabilité du *C. spinosa*, dans le sens longitudinal, a abouti au développement du *C. adriatica* — espèce connue et nommée déjà par SAUVAGEAU — différant de sa forme d'origine (*C. spinosa*) par une ramification plus riche, un degré inférieur de polymérisation des feuilles et le passage d'une partie plus importante des conceptacles sur l'axe (fig. 8). — Le *C. adriatica* diverge à son tour en s'éloignant du littoral de l'Adriatique moyenne vers le large et finit par se transformer en une nouvelle espèce vivant sur la côte de Jabuka (= *C. jabukae*, fig. 9) et différant de sa forme d'origine (*C. adriatica*) par un amincissement des rameaux, par sa tige très longue, sa ramification beaucoup plus riche et touffue, ses feuilles beaucoup plus rares, plus fines et simples et ses conceptacles presqu'entièrement axiaux.

La spéciation mixte — en partie écologique, en partie géographique — se manifeste surtout chez les espèces *C. corniculata*, *C. barbata*, *C. discors* et *C. adriatica*. Chez les trois premières, elle conduit à la formation de nouvelles sous-espèces, chez la dernière elle a abouti au développement d'une forme que nous avons considérée comme espèce nouvelle. — Chez le *C. corniculata* les exemplaires de profondeur (agent écologique) situés au large près de l'îlot de Jabuka (agent géographique) se différencient, surtout, par l'aplatissement plus accentué des feuilles et l'intensification de la ramification (= *C. corniculata* sous-esp. *divergens*, ERCEG. 1952, tabl. III).

Fig. 7. *C. crinita* (a) et *C. crinitophylla* (b), parties terminales des rameaux avec les réceptacles.

— Le *C. barbata*, croissant en profondeur au large de l'Adriatique (près de Palagruža) a divergé du type de surface par l'aplatissement (faible) des rameaux, par la forme tophuloïde de la base des rameaux primaires et par l'absence d'aerocystes (*C. barbata* subsp. *tophuloidea*, Erceg. 1952, tabl. XXIII). — *C. discors* sous l'action de la profondeur et de son emplacement au large de l'Adriatique — surtout dans le fossé de Jabuka — a développé une forme jaune d'or a rameaux primaires très longs et très aplatis dans leur partie inférieure, et, cylindriques dans la partie supérieure et portant une longue série d'aerocystes (= subsp. *latiramosa*, Erceg. 1952, tabl. XXVII).

C. adriatica, soumise aux mêmes influences de la profondeur (à partir de 40—50 ms in sous) et de la position géographique (au large de l'Adriatique centrale) a divergé jusqu'à former une nouvelle espèce — *C. platyramosa* (fig. 10) qui se distingue du type de surface (fig. 8) par sa couleur jaune d'or, par les parties du thalle très comprimées en forme de ruban, par la réduction plus ou moins totale de ses feuilles et l'emplacement des réceptacles exclusivement sur les lames des rameaux.

Ainsi, comme nous venons de le voir, la variabilité des *Cystoseira* en Adriatique, sous l'influences des forces sélectives et isolatrices des différents agents écologiques, géographiques et en partie écologiques, en partie géographiques a abouti à l'accumulation de petites différences héréditaires et à la genèse de plusieurs sous-espèces et

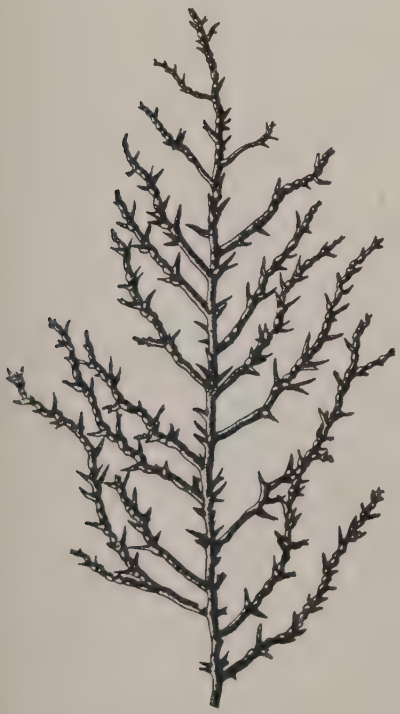


Fig. 8. *C. adriatica* (forme de surface), partie supérieure d'un rameau primaire.

Fig. 9. *C. jabukae*, partie supérieure d'un rameau primaire.

espèces nouvelles. En outre, le processus de transformations graduelles a conduit au développement de nouvelles unités systématiques supérieures, à deux superespèces: *C. crinitoides* et *C. spinifera*. La première est composée de deux (*C. crinita* et *C. crinitophylla*) et la deuxième de cinq (*C. spinosa*, *C. squarrosa*, *C. adriatica*, *C. jabukae* et *C. platyramosa*) espèces vicariantes ayant chacune un habitat écologique ou une aire géographique distincts. Dans chaque superespèce il existe, au sein des espèces vicariantes et entre elles, une série de gradations et de formes transitoires qui sont le résultat de la variabilité progressive et la forme clinale de divers caractères variant. Cependant, l'existence des clines et l'apparition de formes transitoires ne doivent pas être considérées comme un obstacle à ce que nous considérions avec raison les extrêmes de diverses series de transformations (des clines), comme espèces distinctes. Si ces formes montrent un haut degré de différentiation morphologique et occupent un habitat écologique ou une aire géographique propres, il est permis de supposer qu'elles sont aussi separées au point de vue réproductif et qu'elles présentent, en réalité, des espèces indépendantes. Cette supposition, cependant, n'enlève pas, mais, au contraire, augmente l'intérêt que présenterait le traitement expérimental — par voie de cultures et d'investigations cytologiques et génétiques — de ces problemes complexes que soulèvent la variabilité et la genèse de nouvelles espèces de *Cystoseira* en Adriatique.

Fig. 10. *C. platyramosa*, partie supérieure d'un rameau primaire.

Bibliographie

Ercegović, A., 1952: Sur les Cystoseira adriatiques (Jadranske cistozire). Fauna et Flora adr., vol. II. Split.

Huxley, J., 1940: The new Systematics. Oxford.

Mayr, E., 1947: Systematics and the origin of species.

Montfort, C., 1940: Funktionstypen des Assimilationsapparates und das Problem der gelben Blattfarbstoffe II. Die Bedeutung meereskundlicher Forschung für Grundfragen der Pflanzenphysiologie und der Vegetationskunde. Kieler Meeresforschungen III.

Sauvageau, C., 1912: A propos des Cystoseira de Banyuls et de Guéthary. Bull. stat. biol. d'Arcachon 1 -424.

Valiante, R., 1883: Le Cystoseirae del Golfo di Napoli. Fauna und Flora des Golfs von Neapel VII, Monogr.

Dr. Ante Ercegović
Split (Yougoslavie)
Šetalište Moše Pijade 2

Th. Schräder

Zoologisches Institut der Friedrich-Schiller-Universität Jena

ZUR LIMNOLOGIE UND ABWASSERBIOLOGIE VON TALSPERREN OBERE SAALE (THÜRINGEN)[1]

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung 486
1. Schilderung des Gebiets 486
2. Fragestellung und allgemeine Methodik 490
Hydrographischer Teil 497
A. Die hydrologischen Verhältnisse 497
B. Die hydrothermischen Verhältnisse 511
C. Die hydrochemischen Verhältnisse 523
Hydrobiologischer Teil 538
A. Vorbemerkungen 538
B. Das Plankton der Saaletalsperren 540
1. Spezielle Methodik, Verzeichnis der Abkürzungen 540
2. Einige Bemerkungen über das Phytoplankton 541
3. Das Zooplankton 547
a) Vorbemerkungen 547
b) Die Rotatorien 549
c) Die Entomostracen 560
d) Die Veränderungen durch den Wandel der hydrochemischen Verhältnisse . 574
C. Die makroskopische Besiedlung des Benthals der Talsperren 579
1. Spezielle Methodik, Verzeichnis der Abkürzungen 579
2. Die Bleilochsperre 581
3. Die Hohenwartesperre 587
D. Der Fischbestand des Talsperrengebiets und seine Entwicklung 605
Schlußwort 615
Literatur 617

1) Die Arbeit behandelt ein so aktuelles Problem, daß wir glauben, ein allgemeines Interesse voraussetzen zu dürfen. Die Aufnahme der umfangreichen, hier in gekürzter Form vorliegenden Arbeit bedeutet kein Abweichen von dem Grundsatz, mit Vorzug kürzere Arbeiten aus möglichst vielen Teilgebieten der Hydrobiologie zu bringen.

Die Herausgeber

EINLEITUNG

1. Schilderung des Gebiets

Die Saale entspringt am Nordhang des Fichtelgebirges in 728 m Höhe über NN und mündet nach etwa 420 km langem Lauf als linker Nebenfluß in die Elbe. Der kurze Quellauf hat den Charakter eines Gebirgsbaches, der anschließende Abschnitt bis Hof mehr oder weniger die Eigenart eines Hügellandflusses. Unterhalb Hof wird die Saale wieder zum Gebirgsfluß mit scharfen, tief eingeschnittenen Talwindungen und fast fehlender Talsohle. Die Saale bildet hier, bei wieder stärkerem Gefälle, ein Durchbruchstal durch den Thüringer Hauptsattel. Die Austrittsstelle aus dem Gebirge bei Weischwitz, oberhalb Saalfeld, gilt als untere Grenze des Oberlaufs; hier wandelt sich die Saale wieder zum Hügellandfluß mit breiter Talaue und geringerem Gefälle.

Als „Obere Saale" in engerem Sinne ist die Strecke zwischen Blankenstein (Einmündung der Selbitz) und Kaulsdorf-Eichicht (Einmündung der Loquitz) anzusehen. Hier hat die Sohle des Flusses auf 79,8 km eine Fallhöhe von 183 m, von 412,5 m über NN bei Blankenstein (km 367,5) auf 229,5 m über NN bei Eichicht (km 287,7 oberhalb der Mündung in die Elbe); das entspricht einem Gefälle von 1 : 436. Demgegenüber beträgt in der anschließenden „Mittleren Saale" die Fallhöhe zwischen Saalfeld (Mittelmühle, 209,0 m über NN, km 275,5) und Jena (Rasenmühle, 141,3 m über NN, km 218,6) nur noch 67,7 m auf 56,9 km = 1 : 840.

Das Einzugsgebiet der Oberen Saale umfaßt (vgl. Werner 1941):

Quelle bis Hof	521 km²
Hof bis Burgk	722 km²
Burgk bis Remschütz	868 km²
Obere Saale	2111 km²

Als Jahresdurchschnittswerte des Wasserhaushalts werden für das Gebiet der Oberen Saale bis zum Pegel Remschütz angegeben:

Niederschlag	N = 748 mm
Abfluß	A = 276 mm
Verdunstung	V = 472 mm

Der durchschnittliche Jahresabfluß des Einzugsgebiets der Oberen Saale beträgt also 37 % des durchschnittlichen Jahresniederschlags. Weiter flußabwärts wird der Anteil des Abflusses am Niederschlag erwartungsgemäß immer geringer; er beträgt für das gesamte Einzugsgebiet von Oberer und Mittlerer Saale an der Einmündung der Unstrut noch 31 % des durchschnittlichen Niederschlags.

Das enge Durchbruchstal der Oberen Saale zwischen Blankenstein und Kaulsdorf bot besonders günstige Voraussetzungen für den Bau großer Talsperren. Im Zeitraum von 1926 (Baubeginn der Bleilochsperre) bis 1942 (Fertigstellung der Hohenwartesperre) wurden auf dieser rund 80 km langen Flußstrecke zwei Großstaubecken und drei Ausgleichsbecken errichtet, die zusammen rund 70 km des ehemaligen Flußlaufs überstauen. Auf dieser Strecke ist also nur ein Abschnitt von etwa 10 km Länge als fließendes Gewässer erhalten geblieben (vgl. Abb. 1 und Tabelle 1). Die beiden Großstaubecken an der Oberen Saale sind zusammen mit der Edertalsperre in Hessen die drei größten deutschen Talsperren mit einem Fassungsvermögen von je rund 200 hm³.

Die fünf Staubecken an der Oberen Saale bilden eine räumlich fast geschlossene Kette künstlicher Seen (vgl. auch den Längsschnitt, Abb. 2). An die Bleilochsperre

grenzt unmittelbar das Ausgleichsbecken Burgk und an dieses das Ausgleichsbecken Wisenta. Auf diese geschlossene Gruppe von drei Staubecken folgt die unverändert gebliebene Flußstrecke der Saale um Walsburg bis zum Rückstau der Hohenwartesperre bei Ziegenrück. An die Hohenwartesperre schließt sich dann wieder unmittelbar das Ausgleichsbecken Eichicht an (vgl. Abb. 1 und 2).

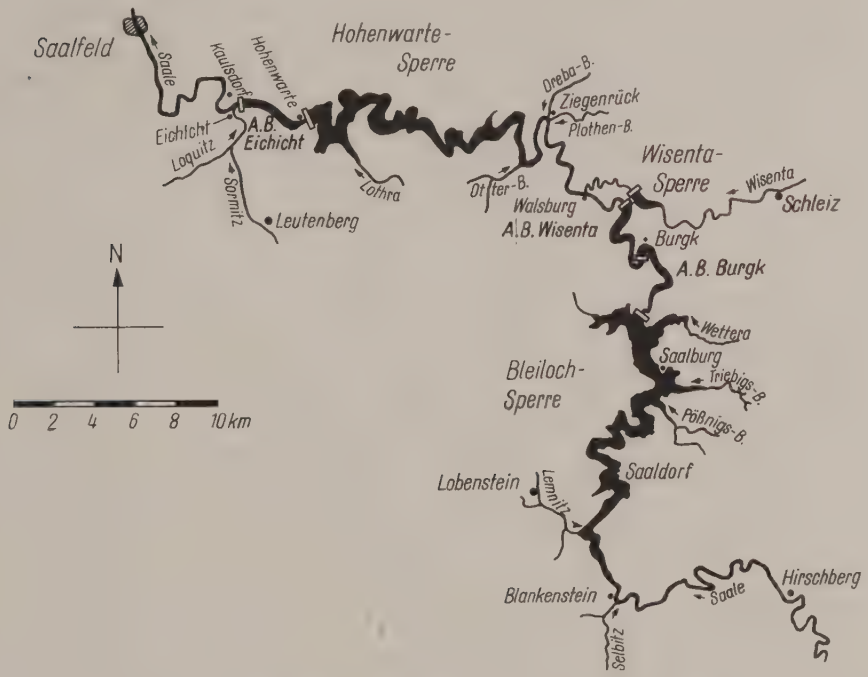


Abb. 1. Obere Saale. Übersichtskarte, Hirschberg bis Saalfeld.

Tabelle 1. Die Talsperren im Flußlauf der Oberen Saale

	Bleiloch-sperre	Ausgleichs-becken Burgk	Ausgleichs-becken Wisenta	Hohenwarte-sperre	Ausgleichs-becken Eichicht
Jahr der Fertigstellung	1932	1932	1940	1942	1942
Einzugsgebiet km²	1232			1648	
mittlerer jährlicher Zufluß hm³	420			525	
Fläche bei Vollstau ha	918			700	
überstaute Fluß-km	28	5	5	27	5
Stauziel m über NN	410,0	356,0	339,0	304,4	241,0
Inhalt bei Vollstau hm³	215,0	5,6	2,2	185,0	3,1
tiefste Absenkung bis m über NN	383,0			264,4	
mögliche Seespiegelschwankung m	27			40	
größte Tiefe bei Vollstau m	55	14	12	65	10

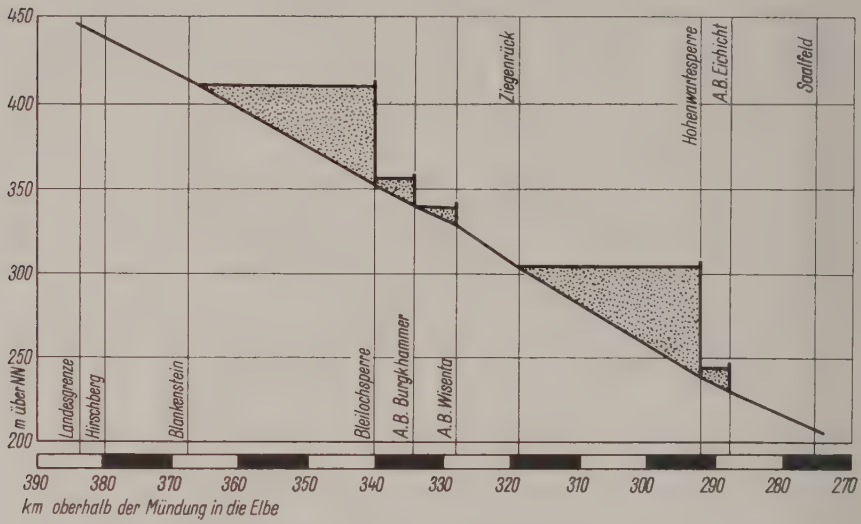


Abb. 2. Obere Saale, Längsschnitt.

Die Sperrmauer Hohenwarte (km 292,3) liegt nur 48 Flußkilometer unterhalb der Sperrmauer am Bleiloch (km 340,3). Das eigene Einzugsgebiet der Hohenwartesperre ist daher relativ klein; dieses untere Großstaubecken wird zu etwa $^4/_5$ mit dem Abfluß der Bleilochsperre gespeist (Tabelle 1). Zufluß und Füllungsgrad der Hohenwartesperre hängen dadurch weitgehend vom wasserwirtschaftlichen Betrieb der Bleilochsperre ab. Die beiden Großstaubecken mit ihren Ausgleichsbecken bilden eine wasserwirtschaftliche Einheit. In den Jahren ihrer Errichtung galt es als ihr Hauptzweck, mit ihrem Fassungsvermögen von rund 400 hm³ bei Vollstau die 300 hm³ Wasser zu speichern, die erforderlich sind, um in Niedrigwasserzeiten den Wasserstand der Elbe durch Zuschußwasser so zu erhöhen, daß das 1000-t-Schiff verkehren kann. Die Wochen, in denen eine solche Elbanreicherung notwendig werden kann, fallen gewöhnlich in den Spätsommer und Herbst. Heute liegt der Schwerpunkt der wirtschaftlichen Bedeutung der Saaletalsperren bei der Energieerzeugung. Dem Hochwasserschutz dient vornehmlich die obere der beiden großen Sperren, die Bleilochsperre. Da jedoch größere Sommerhochwässer im Gebiet der Oberen Saale selten auftreten, ist der Hochwasserschutzraum, den die Bleilochsperre für solche Fälle bereithalten muß, relativ gering.

Die Kraftwerke an den beiden Großstaubecken dienen der Erzeugung von Spitzenstrom und sind daher nur morgens und abends jeweils in den Stunden des Hauptenergieverbrauchs in Betrieb. Zweimal täglich erfolgt daher ein kräftiger Wasserschub aus den Großstaubecken in das zugehörige Ausgleichsbecken. An diesen Ausgleichsbecken liegen Laufkraftwerke, die die aufgefangenen Wasserschübe, gleichmäßig über die 24 Stunden des Tages verteilt, an den Unterlauf weitergeben. Das Kraftwerk am Bleiloch ist bereits zum Pumpspeicherwerk ausgebaut. Der Pumpspeicherbetrieb erfolgt in den Nachtstunden mit dann überschüssigem Netzstrom, jedoch nur in den Zeiten geringer Zuflüsse zur Talsperre. In länger anhaltenden Niedrigwasserzeiten, vor allem im Sommer und Herbst, kann es eintreten, daß über Monate hin regelmäßig in den Nachtstunden etwa $^2/_3$ der Wassermengen wieder

in die Bleilochsperre zurückgepumpt werden, die mit den beiden Wasserschüben des Vortages in das Ausgleichsbecken Burgk abgegeben wurden.

Der Nutzeffekt der Turbinen ist um so größer, je höher der Wasserdruck ist, das heißt, je höher die Talsperre angefüllt ist. Die Wasserwirtschaft ist daher bestrebt, die beiden Großstaubecken mit den reichlicheren Zuflüssen des Winters und Frühjahrs alljährlich vollständig, das heißt bis auf den Hochwasserschutzraum, anzufüllen und diesen Vollstau bis möglichst weit in den Sommer hinein zu halten. Beim Nachlassen der Zuflüsse sinkt dann der Wasserspiegel der Talsperren langsam ab. Nach Eintritt der sommerlichen Niedrigwasserzuflüsse wird an der Bleilochsperre der Pumpspeicherbetrieb aufgenommen, der das weitere Absinken des Pegels dieser Talsperre entscheidend verlangsamt. Stärkere Absenkungen können jedoch durch Elbwasseranreicherungen in Zeiten ausgesprochener Niedrigwasserführung der Elbe eintreten. Der Zeitpunkt der tiefsten Absenkung liegt für beide Talsperren normalerweise im Spätherbst vor dem Einsetzen der regelmäßig stärkeren winterlichen Zuflüsse.

Querab vom Abschlußbauwerk des Ausgleichsbeckens Wisenta im Saaletal liegt, nur etwa 250 m Luftlinie entfernt, jedoch rund 50 m höher über NN, die kleine Wisentatalsperre im Flußtal der Wisenta. Sie wird als Pumpspeicherbecken bewirtschaftet. Bei Mittel- und Niedrigwasserführung der Wisenta ist die Menge des aus dem Ausgleichsbecken Wisenta in die Wisentatalsperre (Hochbecken) hochgepumpten Saalewassers erheblich größer als der Zufluß aus dem eigenen Einzugsgebiet der Wisenta; die Wisentatalsperre ist dann in der Hauptsache mit Saalewasser gefüllt. Bei der zweimal täglich in den Spitzenzeiten erfolgenden Stromerzeugung des Wisentakraftwerks gelangt dieses Mischwasser in den Flußlauf der Saale unmittelbar unterhalb der Sperrmauer des Ausgleichsbeckens Wisenta. Führt die Wisenta jedoch Hochwasser, so fließt der Saale durch die Rohre des Wisentakraftwerks fast reines Wisentawasser zu. Man kann also sagen, daß die Wisenta heute nicht erst bei Walsburg, sondern schon 5 km weiter oberhalb beim Wisentakraftwerk in die Saale mündet, wobei außer in Hochwasserzeiten der Zufluß jedoch aus Mischwasser besteht, in dem der Anteil des hochgepumpten Saalewassers weitgehend überwiegt.

In Blankenstein, unmittelbar an der oberen Grenze des Rückstaues der Bleilochsperre, liegt eine mittelgroße Sulfitzellstoff-Fabrik, die schon vor der Erbauung der Saaletalsperren bestand und ihre Ablaugen ungereinigt in die Saale ableitete. Gelangten diese Ablaugen früher in einen nur unwesentlich durch kleine Wehre veränderten Flußlauf mit lebhafter Strömung, so trat darin nach dem Anstau der Bleilochsperre ein grundlegender Wandel ein. Seit 1932 ergießt sich die mit Sulfitablaugen frisch belastete Saale in die Bleilochsperre, also in ein weitgehend stagnierendes Gewässer. Diese größte deutsche Talsperre zeigte daher vom Augenblick ihres Anstaues an alle Anzeichen einer starken Belastung mit fäulnisfähigen (organischen) Abwässern. Da die anschließenden beiden Ausgleichsbecken praktisch vollständig und die 1942 angestaute Hohenwartesperre noch zu $^4/_5$ mit dem Abfluß der Bleilochsperre gefüllt werden, muß sich die Verunreinigung, soweit sie nicht durch Selbstreinigungsvorgänge in der Bleilochsperre abgebaut wird, auch noch in diesen unterhalb gelegenen Staubecken bemerkbar machen.

Außer durch ihre unterschiedliche Belastung mit fäulnisfähigen Abwässern unterscheiden sich die beiden Großstaubecken im Zuge der Oberen Saale auch dadurch, daß die Bleilochsperre von einem in seiner Wasserführung völlig von den Niederschlägen abhängigen und sommerwarmen Zufluß gespeist wird, während $^4/_5$ des Zuflusses zur Hohenwartesperre sommerkalt sind (Abzug kalten Tiefenwassers aus der Bleilochsperre) und weitgehend nach wasserwirtschaftlichen Erfordernissen ge-

steuert werden. Das Talsperrengebiet an der Oberen Saale bietet daher in vieler Hinsicht interessante Probleme sowohl der Limnologie von Talsperren überhaupt wie auch insbesondere der Auswirkung organischer Abwässer in stehenden Gewässern.

2. Fragestellung und allgemeine Methodik

Talsperren kennen wir im deutschen Raum erst seit reichlich einem halben Jahrhundert, Großstaubecken mit mehr als 100 hm^3 Fassungsvermögen erst seit einigen Jahrzehnten. Trotzdem ist es verwunderlich, daß erst relativ wenige umfassende limnologische Untersuchungen in diesen künstlichen Seen vorliegen, die sich in mancher Hinsicht von natürlichen Seen, dem klassischen Studienobjekt der Limnologie, unterscheiden. Über die bis 1910 erbauten kleinen westfälischen Talsperren besitzen wir die grundlegende Arbeit von Thienemann (1911), deren Ergänzung hinsichtlich des Planktons Schneider (1912) publiziert hat. Einige spätere Veröffentlichungen befassen sich meist nur mit Teilproblemen, insbesondere mit dem Plankton. Genannt seien die Arbeiten von Gessner (1925, 1930) über die Moortalsperren des Isergebirges und von Wünsch und Gessner (1928) über das Plankton der Gablonzer Talsperre. Mit der Hydrochemie eines neuentstandenen Stausees beschäftigt sich Minder (1939). Hydrochemische und hydrobiologische Fragen behandelt Stundl für den Stausee von Neufeld a. d. Leitha (1937) und für einige westfälische Talsperren (1942); hier werden auch Probleme der hydrothermischen Schichtung kurz erörtert. In der physiographischen Bearbeitung der Seen des südlichen Hochschwarzwaldes von Elster und Schmolinsky (1953) wird auch der Schluchsee, ein in eine Talsperre umgewandelter ehemals natürlicher See, mitbehandelt. Tonolli (1956) beschreibt den Ledrosee in seinem Wandel vom natürlichen See zum Speichersee und zum Pumpspeicherbecken. Chalupa und Štěpánek (1957) untersuchten neuerdings über 48 Stunden den Gang physiographischer und biologischer Faktoren in der Talsperre Sedlice.

In West- und Mitteleuropa setzten die limnologischen Arbeiten in Talsperren meist erst relativ spät ein, und vielfach stehen in ihnen gerade die Fragen und Probleme, die das Besondere und Charakteristische des neuen Gewässertyps bilden, nicht im Vordergrund der Betrachtungen. In der Sowjetunion dagegen wurden bei der Errichtung der großen Wasserbauten von Anfang an auch planmäßige und umfassende limnologische und fischereibiologische Arbeiten aufgenommen, so daß bereits heute eine umfangreiche Spezialliteratur über die im letzten Jahrzehnt entstandenen und die in Angriff genommenen Stauseen vorliegt (vgl. die Übersicht der Weltliteratur über Stauseen, Žadin und Ivanova 1959). Die riesenhaften Stauseen im Süden des europäischen Teils der UdSSR (der Rybinsker Stausee der Wolga hat mehr als das Hundertfache des Wasserinhalts der Bleilochsperre) ähneln jedoch wegen ihrer großen Flächenausdehnung bei relativ geringer Tiefe weitgehend natürlichen Flachseen. Mit den schmalen und tiefen mitteldeutschen Talsperren („Rinnenseen" nach Wundsch) haben sie so wenig Ähnlichkeit, daß die über sie veröffentlichte Literatur für die vorliegende Arbeit nicht herangezogen werden kann.

Über die Grundlagen der Fischwirtschaft in mitteleuropäischen Großstaubecken besitzen wir die umfangreiche Veröffentlichung von Wundsch (1949), in der auch die Saaletalsperren berücksichtigt sind. Mit der Bleilochsperre selbst befaßt sich bereits eine größere Arbeit von Liebmann (1938). Vier Jahre nach dem Anstau, im Jahre 1936, führte Liebmann als erster umfangreiche chemische und biologische Untersuchungen durch, deren Ziel es vor allem war, die Ursache der schlechten Wasserverhältnisse eindeutig zu ermitteln. Die chemischen Untersuchungen umfaßten Bestimmungen des im Wasser gelösten molekularen Sauerstoffs (O_2) und

des Schwefelwasserstoffs (H_2S) in einer Reihe von Tiefenserien, während sich die biologischen Untersuchungen auf die Faulschlammciliaten des Bodensediments beschränkten. LIEBMANN erkannte zwar bereits das zeitweilige Auftreten einer „Zwischenströmung" unterhalb der Sprungschicht, mit der sich zu bestimmten Zeiten im Jahr die frisch verunreinigte Saale in den Stausee einschichtete; er glaubte jedoch, daneben zu allen Jahreszeiten auch eine „Grundströmung" beobachtet zu haben, die der Hauptlieferant für den in bodennahen Schichten im unteren Teil des Stausees auftretenden H_2S sein sollte. Die tatsächliche Ausbreitung und Einschichtung des Zuflusses in die Talsperren wurde für ein Normaljahr in der Bleilochsperre bereits dargestellt (SCHRÄDER 1954).

Die eigenen Untersuchungen an den Saaletalsperren erstreckten sich über die Jahre 1951 bis 1954. Im hydrologischen Jahr 1951 (1. November 1950 bis 31. Oktober 1951) fanden systematische Terminuntersuchungen in der Bleilochsperre statt. Am Ende des Jahres stellte es sich heraus, daß das hydrologische Jahr 1951 (1. November 1950 bis 31. Oktober 1951) in hervorragender Weise als Durchschnittsjahr gelten durfte, in dem alle Daten sehr weitgehend den langjährigen Mittelwerten entsprachen. Die Ergebnisse der abwasserchemischen Untersuchungen dieses Jahres ließen den Anteil der Sulfitablaugen an der organischen Belastung der Bleilochsperre sowie die Ausbreitung und Einschichtung der belasteten Saale völlig eindeutig erkennen und gestatteten sogar, zu Zahlenwerten für die Selbstreinigung des Stausees in einem Normaljahr zu gelangen; sie wurden bereits veröffentlicht (SCHRÄDER 1954). In den Sommermonaten 1952 und 1953 fanden drei ähnliche Terminuntersuchungen vorerst orientierender Art in der Hohenwartesperre statt. Zunächst war es dann meine Absicht gewesen, im hydrologischen Jahr 1954 eine der Untersuchung in der Bleilochsperre entsprechende Untersuchung in der Hohenwartesperre durchzuführen, um die Auswirkung der Restverschmutzung aus der Bleilochsperre in diesem unteren Großstaubecken zu ermitteln. Nun setzte mit April 1953 eine langanhaltende Dürreperiode ein, die ununterbrochen weit unterdurchschnittliche Zuflüsse zum Talsperrengebiet erbrachte. Daher wurde neben der erstmaligen Jahresuntersuchung in der Hohenwartesperre gleichzeitig eine erneute Jahresuntersuchung in der Bleilochsperre durchgeführt, um hier im Gegensatz zum Normaljahr 1951 die Verhältnisse in einem ausgesprochenen Dürrejahr zu studieren. Diese Erweiterung des Untersuchungsprogramms erwies sich als sehr glücklich. Die im Augenblick der Aufnahme der systematischen Untersuchungen in beiden Talsperren (1. November 1953) bereits 7 Monate andauernde Dürreperiode setzte sich nämlich noch über die 8 anschließenden Monate bis Anfang Juli 1954 fort und erwies sich dann am Ende als die bisher extremste Niedrigwasserperiode des laufenden Jahrhunderts im Gebiet der Oberen Saale. Sie wurde im Juli 1954 durch ein kräftiges Sommerhochwasser beendet, dessen Auswirkungen ebenfalls eindeutig erfaßt werden konnten.

Die Frage- und Aufgabenstellung der Gesamtuntersuchungen in den Jahren 1951 bis 1954 in den Saaletalsperren und im Zuflußgebiet ergab sich somit zum Teil erst im Verlaufe der Arbeiten selbst und aus der besonderen hydrologischen Situation des Jahres 1954.

Im Rahmen der Gesamtuntersuchungen wurden folgende Fragen studiert:

I. Hydrologische Verhältnisse:

a) Zuflüsse zur Bleilochsperre: Statistische Auswertung der langjährigen Pegelablesungen. Jahresgang des Zuflusses; Ausmaß der Abweichung von den Mittelwerten. Spezielle Charakteristik der Jahre 1951 bis 1954.

b) Zuflüsse zur Hohenwartesperre: Charakteristik des Jahres 1954.

II. Hydrothermische Verhältnisse:

a) Jahresgang der thermischen Schichtung in den beiden Großstaubecken. Vergleich der Schichtungsbilder miteinander und mit den Schichtungsbildern natürlicher Seen. Auswirkung von Niedrigwasserperioden und von Hochwasserwellen auf die Schichtungsverhältnisse.

b) Jahresgang der Temperatur in verschiedenen Tiefen. Thermische Auswirkung des Pumpspeicherbetriebs in der Bleilochsperre. Berechnung des Wärmeinhalts der Talsperren.

III. Hydrochemische Verhältnisse:

a) Saalefluß oberhalb der Bleilochsperre: Herkunft und Ausmaß organischer Verunreinigungen, Jahresgang der Belastung und der Selbstreinigung.

b) Bleilochsperre: Herkunft und Ausmaß der organischen Belastung. Jahresgang der organischen Verunreinigung 1951 und 1954. Einschichtung und Ausbreitung des Zuflusses im Stausee. Jahresgang und Bilanz der Selbstreinigung 1951 und 1954.

c) Saale zwischen den Talsperren: Veränderungen der Hydrochemie des Saalewassers auf seinem Wege von der Bleilochsperre zur Hohenwartesperre.

d) Hohenwartesperre: Jahresgang der organischen Restverunreinigung aus der Bleilochsperre 1954 im Vergleich mit den Stichproben aus den Vorjahren. Einschichtung und Ausbreitung des Zuflusses im Stausee. Jahresgang und Bilanz der Selbstreinigung 1954.

IV. Hydrobiologische Verhältnisse:

a) Plankton: Qualitative Erfassung vornehmlich des Zooplanktons in beiden Talsperren. Vergleich der artlichen Zusammensetzung und Erfassung etwaiger Veränderungen im Zusammenhang mit den hydrologischen Großereignissen und der Änderung der hydrochemischen Umweltbedingungen.

b) Benthos: Quantitative Erfassung der makroskopischen Besiedlung des Benthals. Vergleich der artlichen Zusammensetzung in beiden Talsperren und Erfassung etwaiger Veränderungen im Zusammenhang mit der Änderung der hydrochemischen Umweltbedingungen.

c) Fische: Auswertung der Statistiken der Berufsfischerei in beiden Talsperren zwecks Feststellung etwaiger Veränderungen des Fischbestandes im Zusammenhang mit den Änderungen des Milieus.

Die Probenentnahmen geschahen an festgelegten Stationen, die bei der Bereisung des betreffenden Teilgebiets regelmäßig aufgesucht wurden; sie sind in Tabelle 2 zusammengestellt und in Abb. 3 in ihrer Lage wiedergegeben. Soweit es der jeweilige Wasserstand der Talsperren zuließ, wurden die Stationen auf dem Wasserwege mit dem Motorboot angefahren, im übrigen vom Lande aus aufgesucht. Die Wahl des rechten oder linken Ufers war in diesen Fällen meist nicht freigestellt, sondern von den gegebenen Grenz- und Wegeverhältnissen bedingt.

Die systematischen Terminuntersuchungen in den vier Teilgebieten sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Es wurde erstrebt, die Proben in den jeweils bereisten Gebieten möglichst an einem Tage oder doch wenigstens innerhalb zweier aufeinander folgender Tage und möglichst zügig zu entnehmen.

Tabelle 2. Die ständigen Stationen der Terminuntersuchungen

Saalefluß oberhalb der Bleilochsperre:	
1	Mühlgraben der Steinmühle Hirschberg, rechts
2	Saale unterhalb Hirschberg (Maxgrund), rechts
3	Saale unterhalb Sparnberg, rechts
4	Saale oberhalb Wehr Saalbachsmühle, rechts
5	Selbitz an der Mündung der Moschwitz, links
6	Saale unterhalb der Mündung der Selbitz, rechts

Gebiet der Bleilochsperre:

	7	Brücke Harra (links)
	8	Lemnitzhammer (links)
	(8A)	Lemnitz oberhalb Mündung in die Bleilochsperre
	9	Höhe Mühlberg
A	10	Höhe Saaldorf
	11	Höhe Heinrichstein
	12	Höhe Ruhmühle
B	13	Höhe Totenfels
	14	Höhe Pierebach
	15	Höhe Pößnigstal
C	16	Höhe Saalburg
	17	Höhe Sühnekreuz
D	18	oberhalb Sperrmauer Bleiloch

Ausgleichsbecken Burgk:

	19	unterhalb Sperrmauer Bleiloch, links
	20	Eisbrücke, links
	21	oberhalb Sperrmauer Burgk, links

Ausgleichsbecken Wisenta:

	22	unterhalb Sperrmauer Burgk, links
	23	Holzbrücke, links
	24	oberhalb Sperrmauer Wisenta, rechts

Saalefluß zwischen den Talsperren:

	25	300 m unterhalb Sperrmauer Wisenta, rechts
	25A	1 km unterhalb Sperrmauer Wisenta, rechts
	26	oberhalb Wehr Walsburg, rechts
	27	Pegel Walsburg, rechts
	28	Zschachenfelsen, rechts
	29	oberhalb Wehr Pappenfabrik Ziegenrück, rechts
	(30)	unterhalb Straßenbrücke Liebschütz, links

Gebiet der Hohenwartesperre:

	31	Holzbrücke Ziegenrück, links
	32	Ludwigshütte (rechts)
	33	Höhe Mündung des Otterbachs (rechts)
	34	Höhe Conrod-Kraftwerk (rechts)
E	35	Höhe Linkenmühle
	36	Höhe Fleischersbach
	37	Höhe Drachenschwanz
F	38	Höhe Hopfenmühle
	39	Höhe Saalhaus
	40	Höhe Grätz
G	41	Höhe Saaltal
	42	Höhe Lothrabucht
H	43	oberhalb Sperrmauer Hohenwarte

Ausgleichsbecken Eichicht:

	(46)	oberhalb Sperrmauer Eichicht

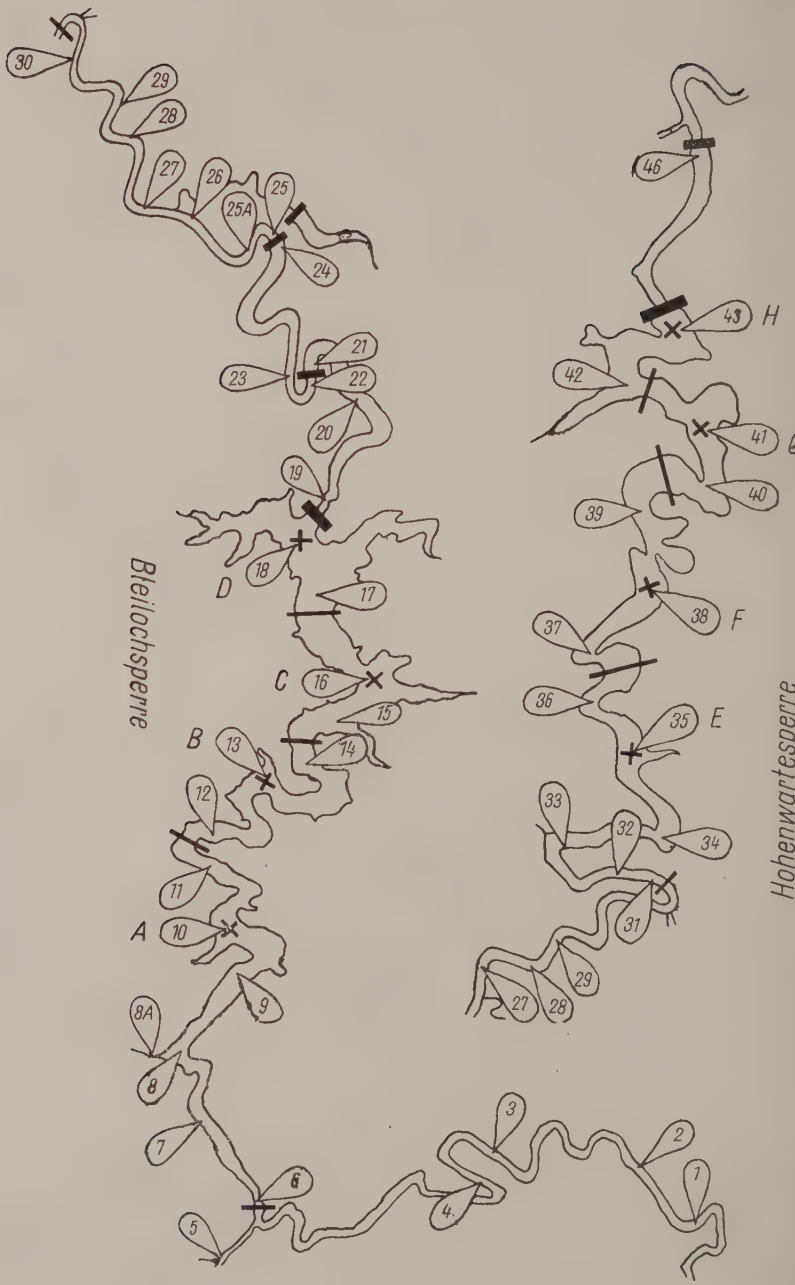


Abb. 3. Obere Saale. Die ständigen Stationen der Terminuntersuchungen.

Tabelle 3. Übersicht über die Terminuntersuchungen 1951 bis 1954 in den vier Teilgebieten der Oberen Saale

Saale oberhalb der Bleiloch-sperre	Bleiloch-sperre	Ausgleichs-becken und Saale zwischen den Sperren	Hohenwarte-sperre
21. 10. 1950	20. 10. 1950		
27. 11. 1950	28. 11. 1950		
21. 3. 1951	20. 3. 1951		
26. 5. 1951	25. 5. 1951		
26. 6. 1951	26. 6. 1951		
25. 7. 1951	26. 7. 1951		24. 7. 1951
21. 8. 1951	21. 8. 1951	23. 8. 1951	
19. 9. 1951	20. 9. 1951		
29. 10. 1951	30. 10. 1951	1. 11. 1951	
			3. 7. 1952
		28. 8. 1952	26. 8. 1952
		1. 11. 1952	
		30. 11. 1952	
			15. 6. 1953
			5. 10. 1953
	1. 11. 1953	31. 10. 1953	2. 11. 1953
		14. 11. 1953	
		15. 11. 1953	
	9. 12. 1953	8. 12. 1953	10. 12. 1953
		10. 4. 1954	9. 4. 1954
	29. 4. 1954	30. 4. 1954	11. 5. 1954
24. 5. 1954	25. 5. 1954	26. 5. 1954	15. 6. 1954
28. 6. 1954	29. 6. 1954	30. 6. 1954	15. 7. 1954
26. 7. 1954	28. 7. 1954	27. 7. 1954	17. 8. 1954
24. 8. 1954	25. 8. 1954	26. 8. 1954	14. 9. 1954
	1. 11. 1954	31. 10. 1954	2. 11. 1954

Bei der Themenstellung der Gesamtuntersuchung hatte die Gewinnung einer vollständigen Reihe von Wasserproben den Vorrang. An allen Stationen des bereisten Gebietes sollten der Gehalt des Wassers an molekularem Sauerstoff, bei den Oberflächenproben auch die Sauerstoffzehrung innerhalb von 24 Stunden, sowie der Kaliumpermanganatverbrauch (PMV) als Maßstab für die Menge oxydierbarer Substanz im Wasser festgestellt werden. Auf eine Bestimmung des Schwefelwasserstoffs, wie sie LIEBMANN neben der O_2-Bestimmung durchgeführt hatte, mußte grundsätzlich verzichtet werden. Sie wäre bei dem Umfang der Untersuchungen technisch nicht durchführbar gewesen. Gewiß sind die Bedenken berechtigt, die etwa von HAUPT (1935) und STEFFENS (1952) gegen die Brauchbarkeit des PMV-Wertes gerade für die Beurteilung von Sulfitablaugen angeführt worden sind. Es trifft durchaus zu, daß im Höchstfall nur 25—30 % der durch den PMV angezeigten organischen Stoffe „innerhalb absehbarer Zeit" (HAUPT) einem biologischen Abbau unterliegen, daß die Hauptmenge dieser Stoffe also keinen biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB) besitzt und sich somit für den Sauerstoffhaushalt des Vorfluters nicht auswirkt, wenn Sulfitablaugen etwa in ein fließendes Gewässer eingeleitet werden. Grundsätzlich anders liegen aber die Verhältnisse im vorliegenden Fall, wo die Ablaugen in ein weitgehend stagnierendes Gewässer gelangen, in dem sie vielleicht ein halbes Jahr lang verweilen.

Ich habe diese Frage bereits an anderer Stelle (Schräder 1954) diskutiert und darauf hingewiesen, daß infolge des sehr langsamen biochemischen Abbaues der im PMV erfaßten Stoffe der Sulfitablaugen diese Bestimmung im vorliegenden Falle gerade besonders geeignet ist, um den Weg der Ablaugen im Stausee zu verfolgen. Die H_2S-Bestimmung ist hierzu unbrauchbar. Sie besagt nichts über die Herkunft der fäulnisfähigen Stoffe und ist praktisch nicht viel mehr als eine Feststellung „negativer O_2-Werte", eine Fortsetzung der O_2-Bestimmung unter den Nullwert des Sauerstoffs hinaus. Fäulnis- und Abbauvorgänge, die zunächst zur Aufzehrung des O_2 und bei weiterem Fortschreiten zum Auftreten steigender Mengen von H_2S führen, können ebensogut durch Stoffe verursacht sein, die durch eine Strömung frisch an den betreffenden Ort des Gewässers verfrachtet werden, wie durch Stoffe, die in einer dort bereits länger stagnierenden Wassermasse gelöst enthalten sind (vgl. auch Schräder 1956b). Der letztere Fall ist im Hypolimnion jedes stärker eutrophen Sees im Verlauf der Sommerstagnation zu beobachten. Schließt man aus solchen Beobachtungen auf das Vorhandensein von Strömungen, wie es Liebmann (1938) tat, so muß man zu falschen Deutungen kommen.

Beim Anfahren der einzelnen Stationen wurde stets auch die Wassertemperatur mit einem hinreichend genauen Quecksilberthermometer gemessen. Bei den Stationen auf den Talsperren, die mit dem Motorboot aufgesucht werden konnten, erfolgte die Füllung der drei Probenflaschen auch der Oberflächenproben aus dem Inhalt des Ruttner-Schöpfers; bei den von Land aus aufgesuchten Stationen wurden wenigstens die beiden Sauerstoff-Flaschen gleichzeitig eingetaucht, um sie möglichst mit gleichartigem Wasser zu füllen.

An je vier Hauptstationen auf den beiden Talsperren, die neben der Ziffer zusätzlich mit A bis D (Bleilochsperre) und E bis H (Hohenwartesperre) bezeichnet sind, wurden neben der Oberflächenprobe auch Tiefenreihen entnommen. Mit dem Ruttner-Schöpfer, der an einem mit Metermarken versehenen Drahtseil befestigt war, wurden so lange in Abständen von 2 m Proben geschöpft, bis Bodenberührung eintrat. Nach dem schnellen Heraufwinden des gefüllten Schöpfers (insbesondere durch das im Sommer erwärmte Epilimnion) wurde unverzüglich an den im Innern des Schöpfers angebrachten Quecksilberthermometer die Wassertemperatur in $^1/_{10}$° C abgelesen, bevor (innerhalb weniger Sekunden) das Thermometer sich um einige Zehntelgrade veränderte. Die Füllung der Probenflaschen zur O_2- und PMV-Bestimmung geschah nach ausreichender Durchspülung der Probenflasche durch einen am Boden des Schöpfers angebrachten Gummischlauch, der bis auf den Boden der Probenflasche reichte. Wurde hierbei durch den Geruch H_2S festgestellt, so wurde das im Protokoll notiert. Nach einiger Übung war schon bei der Probenentnahme der Geruch nach freiem H_2S von dem mehr dumpfaromatischen Geruch nach Sulfitablaugen deutlich zu unterscheiden, den die Wasserproben aus den Schichten zeigten, in denen sich die Abbauvorgänge gerade im Stadium des Übergangs von der aeroben in die anaerobe Phase befanden. Die protokollierten Beobachtungen bei der Probenentnahme konnten stets bei der Analyse der Proben im Laboratorium in allen Einzelheiten bestätigt werden.

Die PMV-Bestimmung geschah durch Kochen der Probe im alkalischen und Titration im sauren Bereich. Die Bestimmung des molekular gelösten Sauerstoffs erfolgte nach der einfachen Methode von Winkler (vgl. Czensny 1926). Genauere Methoden anzuwenden, die die der einfachen Winkler-Methode anhaftenden Fehler vermeiden (vgl. Ohle 1953), verbot der Umfang des Untersuchungsprogramms, zumal die möglichen Fehler im Rahmen der Fragestellung der vorliegenden Untersuchungen ohne Bedenken vernachlässigt werden können. Insgesamt fielen etwa an:

2500 Temperaturmessungen
2400 Sauerstoffbestimmungen
625 Bestimmungen der Sauerstoffzehrung
2450 Permanganatbestimmungen

Die Notwendigkeit, nach der Heimkehr von einer Bereisung sogleich die Wasserproben aufzuarbeiten, machte es leider unmöglich, biologisches Material lebend zu untersuchen. Hinsichtlich des Planktons war es auch notwendig, sich auf qualitative Netzfänge zu beschränken, die jedoch deshalb befriedigend miteinander verglichen werden können, weil das Apsteinsche Planktonnetz immer gleichartig über eine ganz bestimmte Strecke zweimal schräg durch das Epilimnion geschleppt wurde. Vielfach wurde zusätzlich noch eine Probe der größeren Plankter gewonnen, indem eine Siebdredsche mit gröberer Müllergaze anstelle des Planktonnetzes verwendet wurde. In diesen Dredschenzügen fingen sich unter den größeren Entomostracen vor allem auch Glaskrebse (*Leptodora*), die dem Planktonnetz selbst offenbar weitgehend ausweichen konnten. Alle Proben wurden sofort an Bord mit Formol konserviert. Das Verfahren der späteren Auszählung und bedingt quantitativen Auswertung der Planktonfänge wird weiter unten (S. 540) dargestellt werden.

Proben der Bodentierwelt wurden mit einem Bodengreifer nach Ekman von 15 · 15 cm Greiferfläche gewonnen. Der Greiferinhalt wurde an Bord des Bootes in der Siebdredsche so lange gespült, bis keine Trübungen mehr abgingen. Der im Netz verbleibende Rückstand (Detritus und Tiere) wurde ebenfalls zunächst mit Formol konserviert. Die weitere Behandlung der Greiferfänge wird ebenfalls weiter unten (S. 579) mitgeteilt werden.

An biologischen Proben fielen insgesamt an: 96 Planktonproben (36 aus der Bleilochsperre und 60 aus der Hohenwartesperre) und 84 Greiferproben (15 aus der Bleilochsperre und 69 aus der Hohenwartesperre).

Die Ergebnisse der Gesamtuntersuchungen liegen als Manuskript der Habilitationsschrift vom 27. Februar 1958 (Schräder 1958b) vor. Die hydrothermischen und hydrochemischen Befunde sind bereits teilweise an anderen Stellen veröffentlicht worden (vgl. Literaturverzeichnis). Die vorliegende Publikation berücksichtigt daher in erster Linie die hydrobiologischen Ergebnisse und bringt die hydrographischen Daten, vor allem, soweit sie noch nicht veröffentlicht sind, lediglich in zusammengefaßter Form und soweit sie für das Verständnis der hydrobiologischen Verhältnisse notwendig sind.

Für die Bereitstellung der Motorboote auf den beiden Talsperren bin ich der Fischwirtschaftsgenossenschaft Thüringen in Weimar und der Fahrgastschiffahrt Saalburg zu aufrichtigem Dank verpflichtet. Mein Dank gilt vor allem auch den Mitgliedern der Bootsbesatzungen, die mich stets bereitwilligst und kameradschaftlich bei der umfangreichen Probenentnahme unterstützten. Bei der Auswertung im Laboratorium in Jena halfen mir einige Studenten des Spezialfachs Hydrobiologie sowohl bei den chemischen Analysen wie bei der Durchsicht des konservierten biologischen Materials. Herr Dipl.-Biol. W. v. Tümpling führte die Nachbestimmung einiger illoricaten Rotatorien und die Bestimmung eines Teils der Tendipediden-Jugendstadien durch, Herr Dipl.-Biol. W. Schönborn überprüfte die Pisidien der Greiferproben. Allen meinen treuen Helfern möchte ich an dieser Stelle herzlichst danken.

HYDROGRAPHISCHER TEIL

A. Die hydrologischen Verhältnisse

In einem stehenden Gewässer, das von einem Flußlauf durchströmt wird, werden die hydrothermischen und hydrochemischen und damit auch die hydrobiologischen Verhältnisse von der Stärke des Durchstroms beeinflußt. Dies gilt vor allem für den

vorliegenden Fall der Saaletalsperren, wo mit dem Zufluß der Bleilochsperre ständig etwa gleichbleibende Mengen von Sulfitablaugen zugeführt werden, die je nach der Wasserführung des Zuflusses in unterschiedlichem Maße verdünnt werden und sich je nach Zuflußmenge und Anstau unterschiedlich lange Zeit in den Talsperrenbecken aufhalten bzw. ansammeln. Nun schwankt die Wasserführung nicht nur rhythmisch im Verlauf eines Jahres, sondern es sind auch die Zuflußsummen der einzelnen Jahre sehr verschieden. Es ist daher notwendig, zunächst einen Überblick über die allgemeinen hydrologischen Verhältnisse der beiden Talsperren zu geben und die beiden Jahre der Hauptuntersuchungen, 1951 und 1954, in den Einzelheiten ihrer Abweichungen vom langjährigen Mittel eindeutig zu charakterisieren. Das den folgenden Daten zugrunde liegende Zahlenmaterial verdanke ich der Betriebsleitung des VEB Kraftwerke Saaletalsperren in Hohenwarte und dem VEB Energieversorgung Gera in Jena, die mir bereitwillig eine Einsichtnahme in ihre Aufzeichnungen gestatteten.

Für den Zufluß am Bleiloch (bis 1932: Wasserführung der Saale, ab 1932: Pegelstand der Bleilochsperre) liegen heute für mehr als ein halbes Jahrhundert regelmäßige Pegelablesungen vor. Aus den Monatssummen des Zuflusses der 50 hydrologischen Jahre 1901 bis 1950 habe ich neue Mittelwerte für die Jahressumme und die 12 Monatssummen des Zuflusses errechnet (Tabelle 4), die allen Berechnungen dieser Arbeit zugrunde gelegt sind. Die Mittelwerte der Monatssummen zeigen das für Flüsse der mitteleuropäischen Mittelgebirge typische Bild. Sie steigen ab Oktober stetig an, erreichen den Höchstwert im März und fallen dann sehr schnell bis zum Mai und in den folgenden Monaten stark verlangsamt bis zum Minimum im September ab. Das Winterhalbjahr (November bis April) bringt im Mittel 70,5 %, das Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) 29,5 % des Jahresabflusses.

Tabelle 4. Saale, Zufluß am Bleiloch. Mittelwerte der Monatssummen 1901 bis 1950

Monat	Mittlerer Zufluß hm³	Prozent des Jahresmittels
November	31,80	7,7
Dezember	42,02	10,2
Januar	55,21	13,4
Februar	49,37	12,0
März	63,34	15,4
April	48,61	11,8
Mai	26,62	6,5
Juni	20,34	4,9
Juli	19,48	4,7
August	17,58	4,3
September	15,66	3,8
Oktober	21,83	5,3
Hydrologisches Jahr	411,86	100,0

In Tabelle 5 sind die Jahressummen des Zuflusses ab 1901 in absoluten Mengen und in Prozentwerten des neuen Mittels wiedergegeben; die Reihe ist bis einschließlich 1954 weitergeführt. Die Tabelle zeigt, daß schon die Jahressummen oft sehr erheblich vom rechnerischen Mittelwert abweichen. 1934 zeigt mit 44 % des Mittels die stärkste Abweichung nach unten, 1941 mit 210 % die stärkste Abweichung nach

Tabelle 5. Jahressummen des Zuflusses am Bleiloch 1901 bis 1954 in absoluten Werten und in Prozent des Mittelwertes 1901/50

Jahr	Zufluß		Jahr	Zufluß		Jahr	Zufluß	
	hm³	% des Mittels		hm³	% des Mittels		hm³	% des Mittels
1901	521,40	127	1919	319,40	78	1937	521,02	127
1902	399,00	97	1920	527,50	128	1938	292,19	69
1903	276,40	67	1921	208,80	51	1939	376,42	92
1904	341,00	83	1922	517,60	126	1940	690,35	168
1905	460,60	112	1923	480,90	117	1941	866,92	210
1906	469,50	114	1924	507,90	123	1942	425,23	103
1907	417,10	101	1925	356,50	87	1943	234,60	57
1908	398,20	97	1926	631,10	153	1944	449,44	109
1909	361,20	88	1927	535,50	130	1945	451,16	109
1910	504,90	123	1928	446,60	108	1946	485,67	118
1911	345,20	86	1929	379,40	92	1947	273,90	66
1912	249,30	61	1930	308,20	75	1948	434,51	105
1913	465,10	113	1931	435,50	106	1949	207,35	50
1914	462,30	112	1932	336,44	82	1950	290,32	71
1915	469,10	114	1933	268,21	65	1951	383,24	93
1916	462,80	112	1934	180,76	44	1952	387,62	94
1917	508,50	123	1935	363,26	88	1953	418,58	102
1918	294,50	72	1936	384,27	93	1954	318,36	77

oben. Beide Extreme fallen in den Zeitraum nach dem Anstau der Bleilochsperre, für den die Jahressummen des Zuflusses noch einmal graphisch in Abb. 4 wiedergegeben sind (Hydrologische Jahre 1932 bis 1954).

Die hydrologischen Jahre, die vom 1. November bis zum 31. Oktober rechnen, stellen zwar einen verhältnismäßig natürlichen Abschnitt dar, weil normalerweise

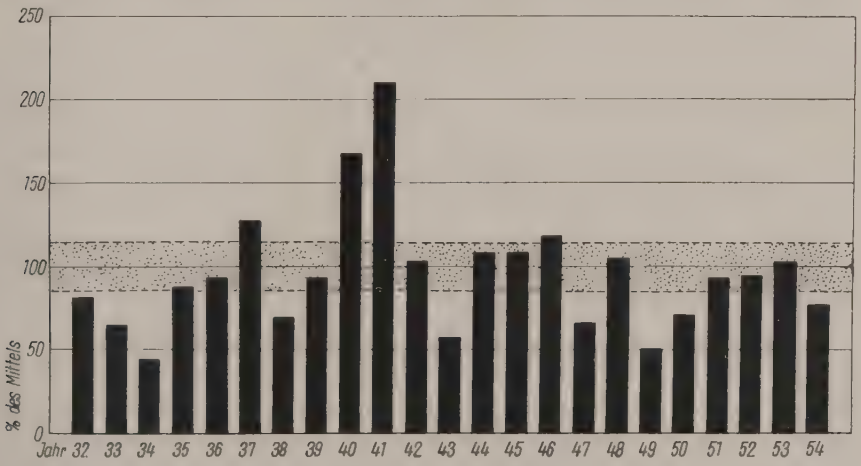


Abb. 4. Saale. Zufluß am Bleiloch. Jahressummen 1932 bis 1954 in Prozent des Mittels 1901 bis 1950. Die punktierte Zone bezeichnet den als „normal" definierten Bereich von 86 bis 115% des Mittelwertes.

Anfang November die Winterniederschläge einzusetzen pflegen. Trotzdem kommen in den Jahressummen häufig auch länger andauernde Abweichungen des Zuflusses von den Mittelwerten nicht zum Ausdruck, nämlich wenn diese innerhalb des hydrologischen Jahres wieder ausgeglichen werden. So waren (Tabelle 5) z. B. die Jahressummen

1929: 379,40 hm³ = 92% normal
1930: 308,20 hm³ = 75% knapp

Prüft man nun aber die Monatssummen dieser beiden hydrologischen Jahre, so stellt man fest, daß man den zweijährigen Zeitraum wie folgt in drei Abschnitte teilen muß:

Zeitraum	Monate Anzahl	Zufluß am Bleiloch hm³	% des Mittels	Definition des Zuflusses
XI 28 bis V 29	7	340,60	108	normal
VI 29 bis III 30	10	140,60	42	sehr knapp
IV 30 bis X 30	7	206,40	121	reichlich

Tatsächlich trat also eine recht extreme und lange Periode sehr knapper Zuflüsse auf, die mit 10 Monaten Dauer zu den bedeutendsten Abweichungen des Halbjahrhunderts gehört. Sie kommt aber in den Jahressummen nicht annähernd zum Ausdruck, weil die Defizitperiode je zur Hälfte in zwei aufeinanderfolgende hydrologische Jahre fällt und in beiden Jahren durch entsprechend reichlichere Zuflüsse der übrigen Monate mehr oder weniger ausgeglichen wird. Eine solche „Verwischung" bedeutender Defizitperioden bedeutet aber nun, daß in dem zweiten Jahre gerade die Winterniederschläge mehr oder weniger ausfallen, und gerade diese Abweichung von den Mittelwerten ist von weitgehenden Auswirkungen für ein Gewässer wie die Bleilochsperre, das in erheblichem Umfang mit organischen Abwässern belastet ist. Die 12 Monate eines (hydrologischen) Jahres sind also bereits ein zu langer Zeitraum, als daß die Zuflußsummen dieser Periode für eine Beurteilung auch sehr wirksamer Abweichungen vom Durchschnitt voll brauchbar sein könnten.

Es muß also auf die Monatssummen zurückgegriffen werden, um Häufigkeit und Ausmaß der Abweichungen vom Mittel besser zu erfassen. Nun ist der Kalendermonat ein willkürlich abgegrenzter Zeitabschnitt, dem viel weniger eine natürliche Phase des Wasserhaushalts entspricht als dem hydrologischen Jahr. Diese Willkürlichkeit würde aber jedem kürzeren Zeitabschnitt anhaften, der gewählt werden könnte. Im vorliegenden Fall mußte schon deshalb auf die Monatssummen als kleinste Einheit zurückgegriffen werden, weil für die ersten Jahrzehnte der Pegelablesungen keine anderen Zahlen mehr zugänglich waren.

Bildet man für die aktuellen Monatssummen des Zuflusses Gruppen, die jeweils einen Bereich von 30% des Mittelwertes (des betreffenden Monats) umfassen, so erhält man für die 600 Monatssummen der 50 hydrologischen Jahre 1901 bis 1950 die in Tabelle 6 wiedergegebene Streuung. Neben der starken Streuung der Monatssummen an sich ist es besonders auffällig, daß in den als „normal" bezeichneten Bereich von 86 bis 115% des langjährigen Mittels (des betreffenden Monats) überhaupt nur 14,8% aller Monatssummen fallen. Statistisch am häufigsten sind Monatssummen mit nur 26 bis 55% des jeweiligen Monatsmittels („sehr knapp") und mit 56 bis 85% des Mittels („knapp"); sie machen 26,5% bzw. 22,1%, zusammen also fast die Hälfte aller Monatssummen aus.

Eine Aufteilung der 600 Monatssummen in nur zwei Gruppen, mit der Abgrenzung bei 100% des jeweiligen rechnerischen Monatsmittels, ergibt folgendes: 230 Monate

Tabelle 6. Saale, Zufluß am Bleiloch. Streuung der 600 Monatssummen der Jahre 1901 bis 1950 in Prozent des jeweiligen Monatsmittels

Zufluß in % des Mittels 1901 bis 1950	Definition des Zuflusses	Anzahl der Monate	%
bis 25	extrem knapp	30	5,0
26 bis 55	sehr knapp	159	26,5
56 bis 85	knapp	133	22,1
86 bis 115	normal	89	14,8
116 bis 145	reichlich	74	12,3
146 bis 175	sehr reichlich	33	5,5
176 bis 205		32	5,3
206 bis 235		19	3,2
236 bis 265		7	1,2
266 bis 295		10	1,7
296 bis 325	extrem reichlich	3	0,5
326 bis 355		3	0,5
356 bis 385		5	0,8
386 bis 415		1	0,2
476 bis 505		1	0,2
536 bis 565		1	0,2
		600	100,0

38,3 % fallen in die Überschußgruppe mit Zuflüssen über dem Mittel und 370 Monate 61,7 % in die Gruppe mit Zuflußdefizit. Die rechnerischen Mittelwerte des Zuflusses kommen also dadurch zustande, daß kürzere und stärkere Überschüsse (Hochwässer) regelmäßigere Niedrigwässer ausgleichen.

Für die hydrologischen und ebenso für die limnologischen Verhältnisse der Talsperre könnte es unter Umständen gleichgültig sein, ob die aktuellen Zuflüsse stark um die Mittelwerte schwanken oder nicht, wenn die Abweichungen sehr bald wieder ausgeglichen werden. Daß ein solcher Ausgleich weitgehend stattfindet, zeigen ja die Jahressummen des Abflusses, bei denen die Streuung wesentlich geringer ist. Es war ja bereits dargelegt worden, daß sogar extreme Abweichungen häufig schon in den Jahressummen verwischt sind.

Faßt man die 600 Monatssummen des Zuflusses 1901 bis 1950 zu Perioden zusammen, die jeweils alle aufeinanderfolgenden Monate mit derselben Tendenz der Abweichung vom Mittelwert umfassen, so ordnen sich die Monatssummen zu 205 Perioden, und zwar 103 Defizitperioden mit zusammen 370 Monaten und 102 Überschußperioden mit zusammen 230 Monaten. Im rechnerischen Mittel dauern Defizitperioden 3,6 Monate und Überschußperioden 2,2 Monate an. Die tatsächliche Streuung von Häufigkeit und Dauer der 205 Perioden ist in der Tabelle 7 wiedergegeben.

Von besonderem limnologischen Interesse sind nun die Perioden von längerer Dauer. Tabelle 7 zeigt, daß sich die beiden Gruppen hier sehr unterschiedlich verhalten. Perioden von 5 und mehr Monaten Überschuß hintereinander gibt es in den 50 Jahren nur sechs; sie umfassen 45 von insgesamt 230 Überschußmonaten = knapp 20 %. Perioden von 5 und mehr Monaten Defizit hintereinander gibt es jedoch 28; sie umfassen 225 von insgesamt 370 Defizitmonaten = knapp 61 %. Defizitmonate gehören statistisch am häufigsten Perioden von 7 Monaten (15 %), 2 Monaten (15 %) und 4 Monaten (10 %) Dauer an. Überschuß und Defizit beziehen

Tabelle 7. Saale, Zufluß am Bleiloch. Perioden aufeinanderfolgender Monate mit gleicher Tendenz der Abweichung vom rechnerischen Mittel

Monate mit Überschuß		Dauer der Periode Monate	Monate mit Defizit	
Anzahl der Perioden	Anzahl der zugehörigen Monate		Anzahl der Perioden	Anzahl der zugehörigen Monate
41	41	1	31	31
32	64	2	27	54
12	36	3	8	24
11	44	4	9	36
3	15	5	4	20
—	—	6	4	24
1	7	7	8	56
—	—	8	4	32
—	—	9	—	—
—	—	10	3	30
1	11	11	2	22
1	12	12	1	12
—	—	13	—	—
—	—	14	1	14
—	—	15	1	15
102	230		103	370

sich dabei stets auf die aktuellen Abweichungen von der jahreszeitlich bedingten rhythmischen Schwankung der Wasserführung, also auf die Abweichung vom Mittelwert des betreffenden Monats.

Die extremsten Überschuß- und Defizitperioden des Zuflusses im Zeitraum von 1901 bis 1954 sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Unter den Überschußperioden ist die bedeutendste die des Jahres 1941, die nicht nur dem hydrologischen Jahr 1941 ihren Stempel aufprägt (vgl. Tabelle 5), sondern fast das Doppelte an Überschuß erbracht hat wie die nächst bedeutende Hochwasserperiode, die nur 5 Monate andauernde Überschußperiode des vorangegangenen Jahres 1940. Diese beiden hinsichtlich der Überschußmenge bedeutendsten Perioden des Halbjahrhunderts sind nur durch 2 Defizitmonate unterbrochen. Faßt man die 18 Monate von Juli 1940 bis Dezember 1941 zusammen, so errechnet sich für diesen Zeitraum ein Zufluß von 1289 hm^3 gegenüber dem Mittel von 560 hm^3, also ein Überschuß von 729 hm^3 = 177 % des langjährigen Jahresmittels. Dieses einmalige Ereignis des Halbjahrhunderts hat sich insbesondere auf den Fischbestand der Bleilochsperre entscheidend ausgewirkt (vgl. weiter unten, S. 608).

Für die Defizitperioden seit 1901 zeigt Tabelle 8 eindeutig, daß die in die Zeit der Untersuchungen für die vorliegende Arbeit fallende 15 Monate andauernde Niedrigwasserperiode von April 1953 bis Juni 1954 sowohl hinsichtlich des erreichten Prozentsatzes des Mittelwertes wie im absoluten Ausmaß des Defizits an der Spitze liegt.

Auf der Grundlage der statistischen Auswertung langjähriger Pegelablesungen kann nunmehr eine spezielle Charakteristik der hydrologischen Jahre 1951 bis 1954 gegeben werden, in denen die limnologischen Untersuchungen in den Saaletalsperren durchgeführt wurden.

Für das hydrologische Jahr 1951 sind die Monatssummen des Zuflusses am Bleiloch und ihre Abweichungen von den Mittelwerten 1901 bis 1950 in Tabelle 9 zu-

Tabelle 8. Saale, Zufluß am Bleiloch.

Extreme Überschußperioden 1901 bis 1954

Monate	Zeitraum	Zufluß Mittelwert hm³	Zufluß tatsächlich hm³	% des Mittels	Überschuß hm³
12	III 27 bis II 28	412	654	159	242
11	II 41 bis XII 41	357	846	237	489
7	VIII 22 bis II 23	233	432	186	199
5	VII 40 bis XI 40	106	381	359	275

Extreme Defizitperioden 1901 bis 1954

Monate	Zeitraum	Zufluß Mittelwert hm³	Zufluß tatsächlich hm³	% des Mittels	Defizit hm³
15	IV 53 bis VI 54	508	193	38	315
15	VIII 33 bis X 34	467	203	43	264
14	VI 11 bis VII 12	452	217	48	235
12	I 43 bis XII 43	412	207	50	205
11	II 21 bis XII 21	357	142	40	215
11	II 38 bis XII 38	357	217	61	140
10	VIII 48 bis V 49	372	162	44	210
10	VI 29 bis III 30	337	141	42	196
10	II 18 bis XI 18	315	163	52	152

Tabelle 9. Saale, Zufluß am Bleiloch. Monatssummen des hydrologischen Jahres 1951 und Ausmaß der Abweichungen vom Mittel

Monat	Zufluß tatsächlich hm³	Zufluß Mittelwert hm³	Abweichung des Monats hm³	Abweichung des Monats % des Monatsmittels	Abweichung seit Jahresbeginn hm³	Abweichung seit Jahresbeginn % des Jahresmittels
31. Oktober 1950					± 0	± 0
November	68,19	31,80	+ 36,39	+ 114	+ 36,39	+ 8,8
Dezember	36,40	42,02	— 5,62	— 13	+ 30,77	+ 7,5
Januar	48,99	55,21	— 6,22	— 11	+ 24,55	+ 6,0
Februar	49,47	49,37	+ 0,10	± 0	+ 24,65	+ 6,0
März	65,54	63,34	+ 2,20	+ 4	+ 26,85	+ 6,5
April	27,41	48,61	— 21,20	— 44	+ 5,65	+ 1,4
Mai	17,84	26,62	— 8,78	— 33	— 3,13	— 0,8
Juni	31,18	20,34	+ 10,84	+ 53	+ 7,71	+ 1,9
Juli	15,25	19,48	— 4,23	— 22	+ 3,48	+ 0,8
August	8,72	17,58	— 8,86	— 50	— 5,38	— 1,3
September	7,30	15,66	— 8,36	— 53	— 13,74	— 3,3
Oktober	6,95	21,83	— 14,88	— 68	— 28,62	— 7,0
1951	383,24	411,86			— 28,62	— 7,0

sammengestellt. Von allen Monaten dieses hydrologischen Jahres weicht der erste Monat am stärksten vom langjährigen Mittel ab. Nun waren allerdings, was aus der Tabelle nicht hervorgeht, 5 Defizitmonate vorausgegangen, deren Gesamtdefizit

42,29 hm³ betragen hatte. Das Novemberhochwasser 1950 glich mit 36,39 hm³ Überschuß ziemlich gut dieses Defizit der vorausgegangenen trockenen Monate aus.

Die 5 folgenden Monate, Dezember 1950 bis April 1951, sind für den Jahreszufluß 1951 entscheidend, da sie die Monate sind, die im Mittel zusammen 62,8% der Jahressumme erbringen. Im hydrologischen Jahr 1951 liegen die Zuflüsse der 4 ersten dieser 5 Monate im Bereich von 86 bis 115% des langjährigen Mittels, der als „normal" definiert worden war. Von den 600 Monaten des Zeitraumes 1901 bis 1950 waren nur 14,8% in diesen Bereich gefallen; 1951 sind es nicht nur 33,3% aller Monate, sondern auch gerade 4 der entscheidenden Monate mit zusammen 51% des Jahreszuflusses. Nach diesen 4 „normalen" Monaten hintereinander verbleibt in der Gesamtbilanz 1951 zu Ende März noch ein Überschuß von 6,5% eines Jahresmittels.

April und Mai bringen „knappe" Zuflüsse nach unserer Definition. Ende Mai ist daher die Bilanz des Zuflusses wieder auf dem Nullwert angelangt. Im Juni ist ein kleines Sommerhochwasser zu verzeichnen; die Monatssumme des Zuflusses liegt aber nur 53% über dem Junimittel. Die 4 restlichen Monate bis zum Jahresende bringen nur „knappe" (Juli) und „sehr knappe" (August bis Oktober) Zuflüsse. Die Abweichung der Zuflußbilanz sinkt bis Ende September auf ein Defizit von 3,3% gegenüber dem Jahresbeginn, und erst der sehr knappe Oktober läßt zum Jahresschluß ein Gesamtdefizit von 7,0% eines Jahresmittels entstehen. Mit 93% des 50jährigen Mittels liegt die Jahressumme 1951 des Zuflusses zur Bleilochsperre ganz eindeutig im als „normal" definierten Bereich.

Das folgende hydrologische Jahr 1952 liegt mit 94% der mittleren Jahressumme noch näher beim langjährigen Mittelwert. Betrachtet man jedoch die Monatssummen dieses Jahres (Tabelle 10), so stellt man stärkere Abweichungen der einzelnen Monate fest, die sich dann aber in der Jahressumme wieder weitgehend ausgleichen. Monate mit „normalen" Zuflüssen finden sich in diesem Jahre nur 2; außer dem wichtigen Januar (nur 2% Abweichung vom Mittel) fällt auch der September mit 15% Ab-

Tabelle 10. Saale, Zufluß am Bleiloch. Monatssummen des hydrologischen Jahres 1952 und Ausmaß der Abweichungen vom Mittel

Monat	Zufluß		Abweichung des Monats		Abweichung seit 1. 11. 1950	
	tatsächlich hm³	Mittelwert hm³	hm³	% des Monatsmittels	hm³	% des Jahresmittels
31. Oktober 1951					— 28,62	— 7,0
November	12,97	31,80	— 18,83	— 59	— 47,45	— 11,5
Dezember	24,77	42,02	— 17,25	— 41	— 64,70	— 15,7
Januar	56,09	55,21	+ 0,88	+ 2	— 63,82	— 15,5
Februar	23,78	49,37	— 25,59	— 52	— 89,41	— 21,7
März	99,26	63,34	+ 35,92	+ 57	— 53,49	— 13,0
April	68,80	48,61	+ 20,19	+ 42	— 33,30	— 8,1
Mai	21,08	26,62	— 5,54	— 21	— 38,84	— 9,5
Juni	15,21	20,34	— 5,13	— 25	— 43,97	— 10,7
Juli	6,65	19,48	— 12,83	— 66	— 56,80	— 13,8
August	4,58	17,58	— 13,00	— 74	— 69,80	— 16,9
September	18,02	15,66	+ 2,36	+ 15	— 67,44	— 16,3
Oktober	36,41	21,83	+ 14,58	+ 67	— 52,86	— 12,9
1952	387,62	411,86			— 52,86	— 12,9

weichung gerade noch in den Bereich „normal", doch ist gerade der September der für den Zufluß unwichtigste Monat mit dem niedrigsten Mittelwert. Im übrigen ist auch das Jahr 1952 relativ durchschnittlich auch in den Einzelheiten. Das hydrologische Jahr schließt mit einem Defizit von 12,9% eines Jahresmittels gegenüber dem Nullwert bzw. einem Defizit von 5,9% gegenüber seinem Beginn.

Die Monatssummen der beiden hydrologischen Jahre 1953 und 1954 sind in Tabelle 11 zusammengefaßt wiedergegeben, um die extreme Niedrigwasserperiode von 15 Monaten Dauer (April 1953 bis Juni 1954) nicht auseinanderzureißen.

Tabelle 11. Saale, Zufluß am Bleiloch. Monatssummen der hydrologischen Jahre 1953 und 1954 und Ausmaß der Abweichungen vom Mittel

Monat	Zufluß		Abweichung des Monats		Abweichung seit 1. 11. 1950	
	tatsächlich hm³	Mittelwert hm³	hm³	% des Monatsmittels	hm³	% des Monatsmittels
31. Oktober 1952					— 52,86	— 12,9
November	78,24	31,80	+ 46,44	+ 146	— 6,42	— 1,6
Dezember	56,75	42,02	+ 14,73	+ 35	+ 8,31	+ 2,0
Januar	39,65	55,21	— 15,56	— 28	— 7,25	— 1,8
Februar	95,55	49,37	+ 46,18	+ 94	+ 38,93	+ 9,4
März	67,69	63,34	+ 4,35	+ 7	+ 43,28	+ 10,5
April	21,33	48,61	— 27,28	— 56	+ 16,00	+ 3,9
Mai	13,06	26,62	— 13,56	— 51	+ 2,44	+ 0,6
Juni	15,11	20,34	— 5,23	— 26	— 2,79	— 0,7
Juli	13,07	19,48	— 6,41	— 33	— 9,20	— 2,2
August	7,58	17,58	— 10,00	— 57	— 19,20	— 4,7
September	5,44	15,66	— 10,22	— 65	— 29,42	— 7,1
Oktober	5,11	21,83	- 16,72	— 77	— 46,14	— 11,2
1953	418,58	411,86				
November	3,54	31,80	— 28,26	— 89	— 74,40	— 18,1
Dezember	6,71	42,02	— 35,31	— 84	— 109,71	— 26,6
Januar	15,52	55,21	— 39,69	— 72	— 149,40	— 36,2
Februar	6,25	49,37	— 43,12	— 87	— 192,52	— 46,7
März	20,86	63,34	— 42,48	— 67	— 235,00	— 57,0
April	35,71	48,61	— 12,90	— 27	— 247,90	— 60,1
Mai	14,85	26,62	— 11,77	— 44	— 259,67	— 63,0
Juni	8,41	20,34	— 11,93	— 59	— 271,60	— 65,8
Juli	93,61	19,48	+ 74,13	+ 381	— 197,47	— 47,9
August	35,68	17,58	+ 18,10	+ 103	— 179,37	— 43,5
September	30,34	15,66	+ 14,68	+ 94	— 164,69	— 40,0
Oktober	46,88	21,83	+ 25,05	+ 114	— 139,46	— 33,8
1954	318,36	411,86			— 139,46	— 33,8

Auch das Jahr 1953 ist, wenn man nur die Jahressumme des Zuflusses betrachtet, wieder „normal". Mit 102% des 50jährigen Mittels besitzt es sogar die zweitbeste Annäherung an den rechnerischen Mittelwert seit 1901 überhaupt. Es liegt hier aber eine Verwischung der tatsächlichen Verhältnisse vor, da ein erheblicher Überschuß der ersten 5 Monate des Jahres ein ebenso erhebliches Defizit der restlichen 7 Monate fast ausgleicht. Gegenüber dem Nullwert der Zuflußbilanz beginnt das Jahr mit einem Defizit von 12,9% einer Jahressumme. Nach den 5 ersten zufluß-

reichen Monaten wird zu Ende März ein Überschuß von 10,5% erreicht. Im April 1953 beginnt die 15monatige Defizitperiode, die die Zuflußbilanz bis Ende Juni 1954 auf ein Defizit von 65,8% absinken läßt, also um den Betrag von 76,3% eines Jahresmittels. Die extremen Abweichungen der 15 Defizitmonate kommen noch besser zum Ausdruck, wenn die Monatssummen des Zuflusses in Prozenten des jeweiligen Monatsmittels wiedergegeben werden (Tabelle 12).

Tabelle 12. Saale, Zufluß am Bleiloch. Extreme Defizitperiode 1953/54. Monatssummen in Prozent des jeweiligen Monatsmittels 1901 bis 1950

Monat	Zufluß in % des Mittels
April 1953	44
Mai 1953	49
Juni 1953	74
Juli 1953	67
August 1953	43
September 1953	35
Oktober 1953	23
November 1953	11
Dezember 1953	16
Januar 1954	28
Februar 1954	13
März 1954	33
April 1954	73
Mai 1954	56
Juni 1954	41

Entscheidend für das extreme Ausmaß dieser Periode war es vor allem, daß gerade die für den Wasserhaushalt wichtigsten Monate des Winterhalbjahres, die im Mittel 70,5% der Jahressumme erbringen, so völlig extreme Defizite aufweisen. In dem halben Jahrhundert von 1901 bis 1950 fielen von den 30 Monaten mit „extrem knappen" Zuflüssen (bis 25% des jeweiligen Monatsmittels) 15 in die Wintermonate November bis April. Im Winterhalbjahr 1954 sind gleich 3 solcher extrem knappen Monate aufgetreten, und 2 weitere liegen noch im unteren Bereich der als „sehr knapp" definierten Zuflüsse. Der einzige Monat des Winterhalbjahres, der wenigstens einen „knappen" Zufluß erbrachte, war der April 1954 mit 73% des 50jährigen Aprilmittels.

In dem halben Jahrhundert verteilten sich die 15 extrem knappen Monatssummen des Zuflusses mit höchstens 25% des Mittels wie folgt auf die 6 Wintermonate:

5 November
2 Dezember
2 Januar
3 Februar
2 März
1 April

Der November (1953) des hydrologischen Jahres 1954 unterbietet mit seiner Monatssumme von 11% des Mittels sehr erheblich alle 5 „extrem knappen" Novembermonate des ersten halben 20. Jahrhunderts, deren Zuflußsummen 19% (1950), 22% (1908 und 1949), 23% (1903) und 25% (1922) erreicht hatten. Ebenso unter-

bietet der Februar 1954 mit 13% des Mittels weit die 3 „extrem knappen" Februarmonate der 50jährigen Periode, deren Zuflußsummen 22% (1930 und 1947) und 23% (1942) betrugen. Die Zuflußsumme von 16% des Monats Dezember (1953) des hydrologischen Jahres 1954 bleibt jedoch über den beiden Minima des Halbjahrhunderts, die nur 13% (1949) bzw. 15% (1934) des Dezembermittels betrugen.

Die Defizitperiode 1953/54 wird plötzlich durch das Sommerhochwasser vom Juli 1954 beendet. In benachbarten Flußgebieten entstanden erhebliche Hochwasserschäden; in der Oberen Saale hatte das Hochwasser aber wesentlich geringere Ausmaße und konnte glatt von der Bleilochsperre aufgefangen werden. Immerhin flossen in den 7 Tagen vom 9. bis 15. Juli 1954 rund 50 hm³ der Bleilochsperre zu, so daß der Pegel am Bleiloch um 6,11 m anstieg (von 399,02 m am Morgen des 9. Juli auf 405,13 m am Morgen des 16. Juli). Dieses plötzliche Anwachsen auf dem Höhepunkt der Sommerstagnation mußte von erheblicher Auswirkung auf die gesamten limnologischen Verhältnisse der Talsperre sein.

Der ersten kräftigen Hochwasserwelle im Juli 1954 mit der Spitze am 10. und 11. Juli folgten eine zweite Spitze am 18. und 19. Juli und weitere schwächere Wellen in den restlichen Monaten des hydrologischen Jahres. Der Monat Juli erbrachte eine Zuflußmenge von 481% des 50jährigen Mittels, die 3 folgenden Monate ergaben Zuflußmengen von je rund 200%. So ging die Zuflußbilanz, die am Ende der Dürreperiode (Juni 1954) auf ein Defizit von 65,8% eines Jahresmittels abgesunken war, bis zum Jahresende (31. Oktober) bis auf 33,8% Defizit zurück. In seiner Jahressumme erreichte das hydrologische Jahr 1954 aber nur einen Zufluß von 77% des 50jährigen Mittels.

Zur Charakteristik der 4 Jahre 1951 bis 1954, in die die limnologischen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit fallen, sind die Monatssummen des Zuflusses und ihre Abweichungen von den Mittelwerten noch einmal graphisch in Abb. 5 dargestellt. Ferner gibt Tabelle 13 die Streuung der Monatssummen dieser Jahre

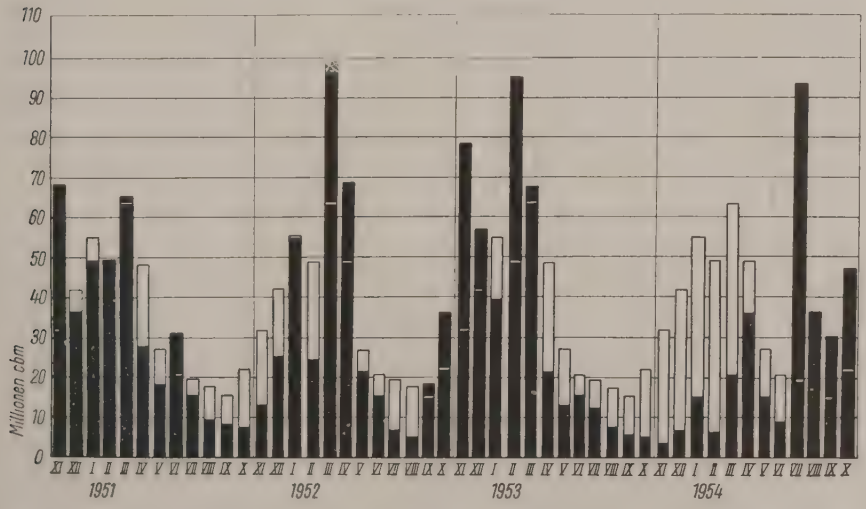


Abb. 5. Zufluß zur Bleilochsperre, 1951—1954. Schwarz: Monatssummen; weiß: Mittel 1901 bis 1950 der Monatssummen.

Tabelle 13. Saale, Zufluß am Bleiloch. Streuung der Monatssummen der Jahre 1951 bis 1954 im Vergleich zur Streuung der Monatssummen 1901 bis 1950

Definition der Monatssumme	Monatssumme in % des Monatsmittels 1901 bis 1950	Statistische Häufigkeit 1901 bis 1950 in Monaten	Anzahl der Monate in den hydrologischen Jahren 1951	1952	1953	1954
extrem knapp	bis 25	0,60	—	—	1	3
sehr knapp	26 bis 55	3,18	3	4	4	3
knapp	56 bis 85	2,66	3	3	3	2
normal	86 bis 115	1,78	4	2	1	—
reichlich	116 bis 145	1,48	—	1	1	—
sehr reichlich	146 bis 175	0,66	1	2	—	—
extrem reichlich	176 bis 205	0,64	—	—	1	2
	206 bis 235	0,38	1	—	—	1
	236 bis 265	0,14	—	—	1	—
	über 265	0,48	—	—	—	1
		12,00	12	12	12	12

wieder. Die statistische Häufigkeit der einzelnen Gruppen der Monatssummen, die in Tabelle 6 in Prozenten angegeben war, ist in Tabelle 13 in Zwölfteln der Gesamtmenge = Monaten eines Jahres ausgedrückt. Dieser statistischen Häufigkeit während des Zeitraumes 1901 bis 1950 sind die tatsächlich in den Jahren 1951 bis 1954 angefallenen Monate der einzelnen Gruppen gegenübergestellt.

In der 50jährigen Periode waren solche Monate statistisch am häufigsten, deren Zuflußsumme als „sehr knapp" definiert worden war (3,18 Zwölftel = Monate). Alle 4 Jahre des Untersuchungszeitraumes 1951 bis 1954 besitzen 3 oder 4 Monate mit einer in diese Gruppe fallenden Zuflußsumme und entsprechen insofern dem statistischen Durchschnitt. Ebenso verhält es sich mit der zweithäufigsten Gruppe, den Monaten mit „knappem" Zufluß. Die statistische Häufigkeit beträgt 2,66 Zwölftel, die Anzahl der entsprechenden Monate ist in den 4 Jahren dreimal 3 und einmal 2.

Die statistische Häufigkeit der Gruppe „normal" beträgt in der 50jährigen Periode 1,78 Zwölftel. Im hydrologischen Jahr 1951 fielen jedoch 4 Monate in diese Gruppe, und das waren, wie bereits weiter oben festgestellt wurde, gerade die für den Zufluß entscheidenden Wintermonate, die zudem in geschlossener Folge hintereinander auftraten (Dezember bis März). Gerade dieser Umstand berechtigt dazu, das hydrologische Jahr 1951 als ganz ungewöhnlich weitgehend den langjährigen Mittelwerten entsprechend zu betrachten.

Das Jahr 1952 besitzt noch 2 Monate in der Gruppe „normal" (darunter der zuflußmäßig unbedeutende Monat September); 1953 ist gerade noch ein Monat „normal" und 1954 überhaupt keiner mehr. Wir beobachten vielmehr 1953 und 1954 eine zunehmende Verlagerung der Monate in die extremen Gruppen, sowohl nach „extrem knapp" wie nach „extrem reichlich". Hierin spiegelt sich noch einmal die lange Defizitperiode wider, die je zur Hälfte in diese beiden Jahre fällt und von entsprechenden Überschußperioden zu Beginn des Jahres 1953 bzw. zu Ende des Jahres 1954 eingerahmt ist. Die besonders starke Abweichung aller Monatssummen des Jahres 1954 von den langjährigen Monatsmitteln kommt besonders deutlich darin zum Ausdruck, daß kein einziger Monat dieses Jahres in eine der drei mittleren Gruppen fällt, die die Zuflußsummen zwischen 86 und 175% des jeweiligen langjährigen Mittelwertes umfassen.

Das untere Großstaubecken an der Oberen Saale, die Hohenwartesperre, empfängt einen Zufluß, der sich zu $^4/_5$ aus dem Abfluß der Bleilochsperre und nur zu $^1/_5$ aus Zuflüssen aus dem eigenen kleinen Einzugsgebiet zusammensetzt (vgl. Tabelle 1). Da der Abfluß der Bleilochsperre unter wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten geregelt wird, ist die der Hohenwartesperre zufließende Wassermenge weitgehend nicht von der Natur, sondern vom Menschen bestimmt.

Die Hohenwartesperre wurde erst während des letzten Krieges im Jahre 1942 vollendet. Daraus erklärt es sich, daß in ihrem Einzugsgebiet nicht wie bei der Bleilochsperre ein ausreichendes Netz von Pegelstellen errichtet wurde, so daß keine umfassenden und langjährigen Meßreihen für den Zufluß aus dem eigenen Einzugsgebiet vorliegen. Es ist daher lediglich möglich, die einzige vollständige Meßreihe, die für den Pegel an der Sperrmauer Hohenwarte, mit der für den Abfluß der Bleilochsperre (Pegel am Bleiloch bzw. an der Sperrmauer Burgk) in Beziehung zu setzen und aus der Differenz auf den Zufluß aus dem eigenen Einzugsgebiet der Hohenwartesperre zu schließen. Die auf diese Weise erhaltenen Zahlen sind nicht in allen Einzelheiten richtig. Man erkennt das vor allem daran, daß zuweilen sogar negative Werte auftreten. Das würde also bedeuten, daß in dem betreffenden Zeitraum an der Sperrmauer Hohenwarte weniger Wasser angekommen wäre, als aus der Bleilochsperre abgelassen wurde. Solche Unstimmigkeiten rühren zum Teil von der Berechnung der Wassermengen aus Pegelständen, zum Teil werden sie auch dadurch bedingt sein, daß die zwischen den Talsperren liegenden beiden Ausgleichsbecken mit zusammen 7,8 hm³ Fassungsvermögen an den Stichtagen (Monatsende) durchaus nicht immer gleichmäßig gefüllt sind. Es gibt aber nur diese Möglichkeit, die Differenz zwischen der Wasserabgabe der Bleilochsperre und der Wasserzunahme der Hohenwartesperre als Wert für den Zufluß aus dem eigenen Einzugsgebiet der Hohenwartesperre anzunehmen. Wenn das auch nicht ganz richtig ist, so dürfte es im allgemeinen doch mit großer Annäherung der Wirklichkeit entsprechen.

Für die vorliegende Arbeit interessiert der Gang der Zu- und Abflußwerte nur für das hydrologische Jahr 1954. Die Monatssummen dieses Jahres sind in Tabelle 14

Tabelle 14. Monatssummen des Zuflusses und des Abflusses der Saaletalsperren (hm³) im hydrologischen Jahr 1954

Monat	Bleilochsperre			Zwischengebiet	Hohenwartesperre		
	Zufluß	Speicherung bzw. Mehrabgabe	Abfluß	Zufluß	Zufluß	Speicherung bzw. Mehrabgabe	Abfluß
November	3,537	— 16,060	19,597	1,313	20,910	— 20,927	41,837
Dezember	6,709	— 9,057	15,766	1,924	17,690	— 8,423	26,113
Januar	15,525	+ 1,408	14,117	3,513	17,630	— 2,230	19,860
Februar	6,251	— 5,425	11,676	1,677	13,353	— 2,466	15,819
März	20,859	+ 7,847	13,012	3,661	16,673	— 0,867	17,540
April	35,712	+ 23,077	12,635	12,265	24,900	+ 9,637	15,263
Mai	14,846	+ 1,855	12,991	4,939	17,930	— 1,378	19,308
Juni	8,412	— 4,122	12,534	1,806	14,340	— 1,982	16,322
Juli	93,607	+ 71,215	22,392	25,338	47,730	+ 28,034	19,696
August	35,684	+ 3,346	32,338	10,371	42,709	+ 11,468	31,241
September	30,344	— 9,663	40,007	7,534	47,541	+ 16,015	31,526
Oktober	46,875	+ 5,431	41,444	11,256	52,700	+ 12,255	40,445
1954	318,361	+ 69,852	248,509	85,597	334,106	+ 39,136	294,970

zusammengestellt. Die Werte für den Zufluß und den Abfluß der beiden Talsperren sind aus den Pegelablesungen abgeleitet. Aus ihnen ergibt sich einmal die Monatssumme der Speicherung bzw. Wasserabgabe beider Talsperren und andererseits der gesuchte Annäherungswert für den Zufluß aus dem eigenen Einzugsgebiet der Hohenwartesperre.

Bei Beginn des hydrologischen Jahres 1954 hatte die extreme Niedrigwasserperiode nach 7 Monaten Dauer bereits ein Absinken des Wasserspiegels der Bleilochsperre auf 399,05 m (10,95 unter Vollstau) bewirkt. Der Wasserinhalt der Bleilochsperre betrug damit zu Jahresbeginn noch 126,55 hm³. Die Hohenwartesperre begann das hydrologische Jahr 1954 mit einem Pegelstand von 294,80 m (9,60 m unter Vollstau) und einem Inhalt von 118,30 hm³. In den Tagen vom 8. bis 14. November (1953) wurde sogar noch eine kurze Elbanreicherung gegeben, für die 17,54 hm³ aus der Hohenwartesperre erforderlich waren. Als die Winterzuflüsse in so extremer Weise ausblieben, wurde in den folgenden Monaten die Wasserabgabe an den Unterlauf auf die Mindestwassermenge beschränkt. Bis zum Julihochwasser ging der Wasserinhalt beider Talsperren weiter zurück. Eine Speicherung weisen die Monatssummen für beide Becken nur für den Monat April aus; dies war der einzige Monat während der 15monatigen Niedrigwasserperiode mit etwas höheren Zuflüssen (73 % des langjährigen Mittels, vgl. Tabelle 11). Im Januar, März und Mai konnte wenigstens die Bleilochsperre eine geringe Speicherung buchen. Mit Ausnahme des April, in dem ein Teil des Zuflusses aus dem eigenen Einzugsgebiet gespeichert werden konnte, zeigt dagegen die Hohenwartesperre von Jahresbeginn bis zum Julihochwasser in jeder Monatsbilanz eine weitere Absenkung. Bei knappen Zuflüssen wird die Wasserwirtschaft stets bestrebt sein, den Wasserinhalt der höher gelegenen Bleilochsperre nach Möglichkeit zu schonen und die für den Unterlauf erforderlichen Wassermengen zu Lasten der unteren, der Hohenwartesperre, abzugeben. Der Wasserwirtschaftsplan sieht ja auch für die obere Talsperre eine maximale Absenkung um 27 m, für die untere dagegen um 40 m bis auf den jeweiligen „eisernen Bestand" vor.

Während der 15monatigen Niedrigwasserperiode wurde in der Bleilochsperre der tiefste Wasserstand am 26. Februar 1954 mit 393,09 m (16,91 m unter Vollstau) erreicht, dem ein Wasserinhalt der Sperre von noch 90,74 hm³ entsprach. Dann gelang es, den Beckeninhalt bis zum 10. Juni wieder bis auf einen Pegelstand von 399,54 m (10,46 m unter Vollstau) = 129,98 hm³ ansteigen zu lassen. Bis zum 1. Juli erfolgte wieder ein leichter Rückgang bis auf 398,89 m (11,11 m unter Vollstau) = 125,44 hm³ Inhalt. Die Hohenwartesperre ging bis zum 1. Juli 1954 auf einen Pegel von 289,12 m (15,28 m unter Vollstau) und 89,74 hm³ Inhalt zurück.

Die Zahlen der Tabelle 14 zeigen, daß das Julihochwasser in erster Linie von der Bleilochsperre aufgefangen wurde. Bis zum 31. Juli speicherte die Bleilochsperre 71,215 hm³ des Monatszuflusses von insgesamt 93,607 hm³, die Hohenwartesperre dagegen nur 28,034 hm³ bei einem Hochwasserzufluß von 25,338 hm³ aus ihrem eigenen Einzugsgebiet. Die Abgabe aus der Hohenwartesperre an den Unterlauf wurde im Juli noch kaum erhöht. Bis zum 31. Juli stieg der Wasserspiegel der Bleilochsperre bis auf 407,65 m (nur noch 2,35 m unter Vollstau) an, was einem Inhalt von 194,55 hm³ entsprach. Die Hohenwartesperre hatte es dagegen an diesem Tage erst auf einen Pegelstand von 294,68 m (noch 9,72 m unter Vollstau) und einen Inhalt von 117,61 hm³ gebracht.

Diese schnelle Wiederauffüllung der Bleilochsperre im Juli 1954 und das weitere Anhalten reichlicher Zuflüsse veranlaßten die Wasserwirtschaft, von der letzten Juliwoche an die Wasserabgabe aus der Bleilochsperre zu steigern, um einen ausreichenden Hochwasserschutzraum freizumachen. Die Abflußmengen steigen daher

in den letzten Monaten des hydrologischen Jahres 1954 ständig an (Tabelle 14). In diesem Zeitraum erreichte der Pegel der Bleilochsperre zweimal seinen Höchststand bei 407,88 m (2,12 m unter Vollstau) = 196,52 hm³ Inhalt (30. August und 6. September). Bei der weiteren Entlastung der Sperre fiel der Pegel dann bis zum Ende des hydrologischen Jahres auf 405,66 m (4,34 m unter Vollstau) = 177,32 hm³ Inhalt ab. Das in diesen letzten Monaten des hydrologischen Jahres 1954 aus der Bleilochsperre abgegebene Wasser wurde von der Hohenwartesperre aufgefangen und zum größten Teil gespeichert. Die Hohenwartesperre erreichte ihren Höchststand erst am vorletzten Tag des hydrologischen Jahres, am 30. Oktober, mit 301,18 m (3,22 m unter Vollstau) = 158,07 hm³ Inhalt.

Das starke Sommerhochwasser im Juli und die reichlichen Zuflüsse der anschließenden Monate wirkten sich also auf die beiden Talsperren ganz unterschiedlich aus. Die Bleilochsperre fing das Julihochwasser ihres Einzugsgebietes allein auf; sie wurde erst ab Ende Juli in steigendem Maße zugunsten der Hohenwartesperre entlastet. Das Julihochwasser des eigenen Einzugsgebietes der Hohenwartesperre betrug nur etwa 27% des gleichzeitig von der Bleilochsperre aufgefangenen Hochwassers. Bis Ende Oktober (Ende der hier vorgelegten Untersuchungen) wurde jedoch die Hohenwartesperre mit stärkeren Wasserabgaben aus der Bleilochsperre so aufgefüllt, daß beide Talsperren schließlich annähernd denselben Füllungsgrad besaßen. Für die limnologischen Verhältnisse ist es aber nun von größter Bedeutung, daß die Wassermengen, mit denen die beiden Talsperren wieder angefüllt wurden, von extrem unterschiedlicher Beschaffenheit waren. Das Julihochwasser, das die Bleilochsperre wieder auffüllte, war „Reinwasser" mit geringer künstlicher Verunreinigung, das sich in einen nach der langen Dürreperiode extrem hoch belasteten See ergoß. Das aus der Bleilochsperre in die Hohenwartesperre abgegebene Wasser war dagegen ein Wasser von äußerst hohem Verschmutzungsgrad, das sich erst in den Monaten nach dem Julihochwasser in zunehmenden Mengen in der bis dahin geringer belasteten Hohenwartesperre ansammelte. Diese völlig entgegengesetzten Auswirkungen des Julihochwassers und seiner Folgen in den beiden Talsperren werden ausführlich zu untersuchen sein.

B. Die hydrothermischen Verhältnisse

Zur Frage der thermischen Schichtung in Talsperren und insbesondere über die Einschichtung des Zuflusses habe ich mich bereits mehrfach geäußert (Schräder 1954, 1956a, 1956c, 1958a, 1958c), und zwar vornehmlich auf Grund des Materials der vorliegenden Untersuchungen, aber auch unter Auswertung der Befunde in den kleinen Talsperren Thüringens (vgl. auch Busse 1956). Ich mußte mich dabei kritisch mit Auffassungen auseinandersetzen, die von Thienemann (1911) und Liebmann (1938) vertreten worden waren. Thienemann, der nur die damals bereits bestehenden kleinen westfälischen Talsperren untersuchen konnte, hatte in den Talsperren „auch in thermischer Beziehung einen neuen Typus eines temperierten Binnensees" gesehen, bei dem die im Frühjahr zunächst ausgebildete Temperatursprungschicht im Laufe des Sommers wieder verschwand und einem annähernd gleichmäßigen Temperaturgefälle von der Oberfläche bis zum Grunde Platz machte. Er führte diese Erscheinung darauf zurück, daß die Temperatursprungschicht durch „Vertikalströmungen", die der Tiefenablaß hervorruft, allmählich hinabgezogen und vernichtet werde. Liebmann war auf Grund seiner Untersuchungen in der Bleilochsperre zu der merkwürdigen Ansicht gelangt, daß während der Sommerstagnation eine Einschichtung des mit Sulfitablaugen belasteten Zuflusses gleich-

zeitig nebeneinander sowohl in das Metalimnion (als „Zwischenströmung") wie über den Boden hin (als „Grundströmung") stattfinde. Liebmann kam zu seiner Fehldeutung, weil er in beiden Horizonten Schwefelwasserstoff feststellte, dessen Auftreten er auf dieselbe Ursache zurückführte. Tatsächlich stammt aber nur der metalimnische H_2S aus der Zersetzung der frisch mit dem Zufluß ins Metalimnion eingeschichteten Ablaugen, der H_2S in bodennahen Schichten dagegen aus Zersetzungsvorgängen im Bodenschlamm, wie das in jedem stärker eutrophierten See eintritt. In ein thermisch geschichtetes stehendes Gewässer kann sich ein Zufluß immer nur an einer Stelle einschichten, und diese Stelle ist der Horizont, dessen Wasser dasselbe spezifische Gewicht hat wie der Zufluß. Daran kann auch kein „Sog durch den Turbinenablaß" etwas ändern, der niemals auf viele Kilometer hin in vertikaler oder schräger Richtung (längs eines gleichmäßig abfallenden Grundes) wirken kann.

Die Einschichtung der Saale in die Bleilochsperre während des „Normaljahres" 1951 habe ich bereits in allen Einzelheiten geschildert und dabei die irrige Auffassung Liebmanns richtiggestellt (Schräder 1954). Leider bringt Liebmann neuerdings (1958) sein altes falsches Strömungsschema, und zwar als einziges Beispiel für Schichtungs- und Strömungsverhältnisse in Talsperren. Es ist daher notwendig, an dieser Stelle die tatsächlichen Schichtungs- und Strömungsverhältnisse in den Staubecken vom Rinnenseetypus der deutschen Mittelgebirge noch einmal in ihren Grundzügen darzustellen. Ich bediene mich dabei der Formulierung, die ich als Zusammenfassung an das Ende meiner letzten Publikation zu dieser Frage (Schräder 1958c) gesetzt habe:

1. Das thermische Schichtungsbild einer Talsperre ist wesentlich vom Verhältnis der Wassermenge des Zuflusses zum Fassungsvermögen der Talsperre (Durchflußkoeffizient) und von der Temperatur des Zuflusses abhängig.

2. Der Zufluß schichtet sich als relativ geschlossener Wasserkörper entsprechend seiner Temperatur bzw. Dichte in die Talsperre ein. Da während der Sommerstagnation das Wasser der obersten epilimnischen Schichten der Talsperre in der Regel wärmer, das des Hypolimnions aber kälter ist als der Zufluß, erfolgt die Einschichtung normalerweise in das Metalimnion.

3. Ein relativ geringer und sommerwarmer Zufluß bedingt die Ausbildung eines dreistöckigen Schichtungsaufbaues mit deutlich abgesetzten Bereichen des Epi-, Meta- und Hypolimnions, wie sie dem lehrbuchmäßigen Schema für den natürlichen temperierten See unserer Breiten entspricht.

4. Mit der Zunahme des Durchflußkoeffizienten erfolgt bei Talsperren in derselben Weise wie bei entsprechend durchströmten Seen eine zunehmende Aufblähung des Metalimnions. Je bedeutender der Zufluß ist, desto stärker verwandelt sich der ursprüngliche Temperatursprung in einen mehr oder weniger gleichmäßigen Temperaturabfall von der Oberfläche bis zum Grunde. In extremen Fällen kommt es nur noch in Andeutungen oder überhaupt nicht mehr zu einer anfänglichen Ausbildung eines Temperatursprungs.

5. Ein Unterschied gegenüber natürlichen Seen ist aber die während der Sommerstagnation in Talsperren ständig zunehmende Erwärmung des Hypolimnions. Infolge des Wasserabzuges aus der Tiefe sinken die thermisch geschichteten Wassermassen einer Talsperre unter Mitführung ihres Wärmeinhalts parallel zu ihrer ursprünglichen Lage ständig ab. Dieser Wärmetransport in die Tiefe erfolgt ohne Störung der thermischen Schichtung. Es treten dabei auch keine stärkeren Austauschströmungen auf, als sie auch in natürlichen thermisch geschichteten Seen vorkommen.

6. Der Sog der Turbinenrohre in der Sperrmauer bzw. des Grundablasses kann, solange das Wasser der Talsperre thermisch geschichtet ist, nur horizontal wirken. Vertikale Strömungen können dadurch nicht ausgelöst werden.

7. Bei Talsperren, bei denen im Pumpspeicherbetrieb ein teilweises Zurückpumpen von Wasser aus einem Ausgleichsbecken oder ein Hochpumpen von Wasser fremder Herkunft erfolgt, tritt

eine von den Turbinenrohren ausgehende weitere Erwärmung des Hypolimnions ein, deren Ausmaß von der Rückpumpmenge und von der Temperaturdifferenz abhängt. Ist das zurückgepumpte Wasser wesentlich wärmer als das in der Höhe der Turbinenrohre lagernde hypolimnische Wasser der Talsperre, so muß es in bestimmtem Umfang zu einem Aufsteigen dieses Wassers in der Talsperre und damit zu einem vertikalen Wärmeaustausch kommen.

8. Infolge der Eigenart des Wasserabzuges aus dem Hypolimnion zeigen Talsperren während der Sommerstagnation einen höheren Wärmegewinn als natürliche Seen.

Das Bild der thermischen Schichtung in der Bleilochsperre im „Normaljahr" 1951 ist für die vier Hauptstationen A (Saaldorf), B (Totenfels), C (Saalburg) und D (oberhalb der Sperrmauer) in Abb. 6 wiedergegeben. Man erkennt den zunächst zweistöckigen Schichtungsaufbau mit „Oberflächensprungschicht" zu Beginn der Sommerstagnation. Dieser ist jedoch nur ein Übergangszustand zu einem normalen dreistöckigen Schichtungsaufbau, wie er für die Mehrzahl der temperierten Seen unserer Breiten die Regel ist. Die untere Grenze des Metalimnions verlagert sich wie in natürlichen Seen im Laufe des Sommers allmählich in größere Tiefen; sie liegt Ende Juni zwischen 2 und 4 m und am Ende der Sommerstagnation etwa 10 m unter der Wasseroberfläche.

Im hydrologisch extrem abweichenden Jahr 1954 (Abb. 7) wird der bis Ende Juni wieder vollendete dreistöckige Schichtungsaufbau durch das starke Sommerhochwasser gestört. Nachdem in 19 Tagen Wassermassen in die Bleilochsperre eingebrochen waren, die 65% des ursprünglichen Füllungsgrades entsprechen, war die Grenze zwischen Epi- und Metalimnion verschwunden und ein zweistöckiger Schichtungsaufbau wiederhergestellt, dessen Grenze gegen das Hypolimnion in etwa 20 m Tiefe unter dem neuen Wasserspiegel erhalten blieb. Da bis zum Ende des hydrologischen Jahres die Zuflüsse überdurchschnittlich blieben, konnte sich ein dreistöckiger Schichtungsaufbau nicht wieder ausbilden.

Der Rinnenseecharakter der Talsperren und die Einbettung der schmalen langgestreckten Wasserflächen in ein stark mäanderartig gewundenes enges Flußtal verwehrt im allgemeinen auch stärkeren Stürmen eine nachhaltige Einwirkung auf die Wasseroberfläche in demselben Sinne über längere Strecken hinweg. Verhältnismäßig am stärksten windexponiert ist die seenartige Erweiterung des untersten Abschnitts (D) der Bleilochsperre bei Südsturm. Tiefgreifende windbedingte Turbulenzerscheinungen und nennenswerte Triftströmungen sind nur unter ungewöhnlichen Witterungsbedingungen zu erwarten. Daher liegt die Sprungschicht in der Bleilochsperre relativ hoch, und es werden nur in Ausnahmefällen interne Wellen (Seiches) mit Schräglagen und Vertikalverschiebungen der Schichtgrenzen auftreten können. Normalerweise verlaufen die Isothermen ungestört horizontal.

Die thermische Schichtung in der Hohenwartesperre ist für die Zeit der Terminuntersuchungen zwischen dem 15. Juni 1953 und dem 2. November 1954 für die vier Hauptstationen E (Linkenmühle), F (Hopfenmühle), G (Saaltal) und H (oberhalb der Sperrmauer) in Abb. 8 wiedergegeben. Leider bezieht sich diese relativ geschlossene Beobachtungsreihe nicht auf ein hydrologisch „normales" Jahr. Andererseits ist es schwierig, für die Hohenwartesperre, deren Zufluß weitgehend von der Wasserwirtschaft künstlich geregelt wird, überhaupt ein „Normaljahr" zu definieren. Unter Hinzuziehung einiger Meßreihen aus den Monaten Juli und August der Jahre 1950 bis 1952 (Abb. 9) läßt sich jedoch folgendes über die thermischen Verhältnisse der Hohenwartesperre sagen:

Zu Beginn der Sommerstagnation bildet sich im Mai in der Hohenwartesperre zunächst wie in der Bleilochsperre eine „Oberflächensprungschicht" (zweistöckiger Schichtungsaufbau). Zur Ausbildung eines echten Epilimnions und eines scharf

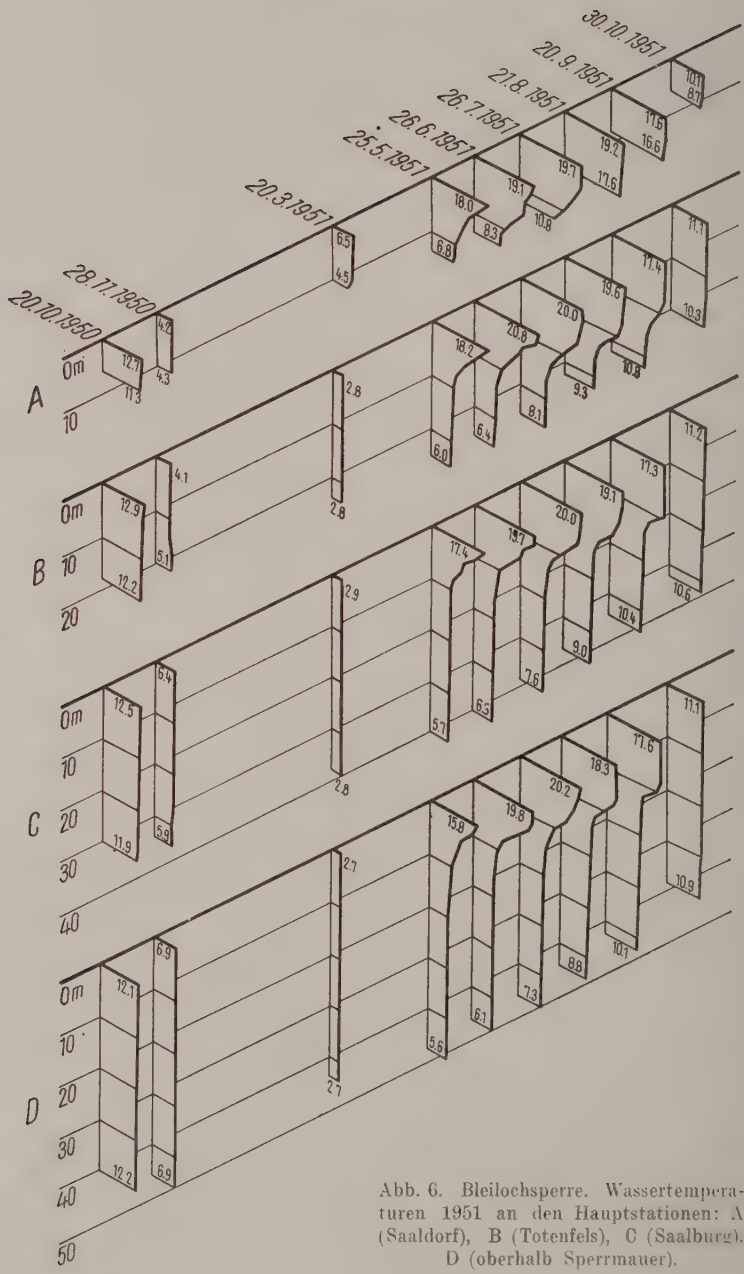


Abb. 6. Bleilochsperre. Wassertemperaturen 1951 an den Hauptstationen: A (Saaldorf), B (Totenfels), C (Saalburg), D (oberhalb Sperrmauer).

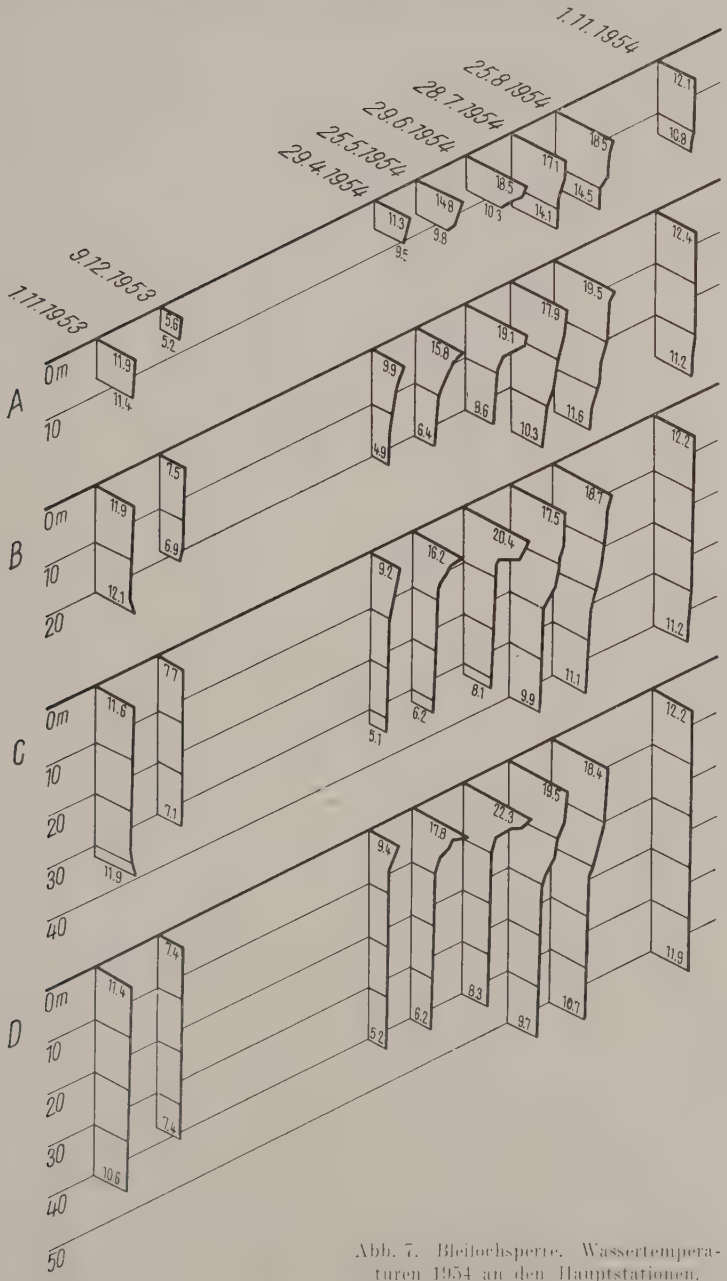


Abb. 7. Bleilochsperre. Wassertemperaturen 1954 an den Hauptstationen.

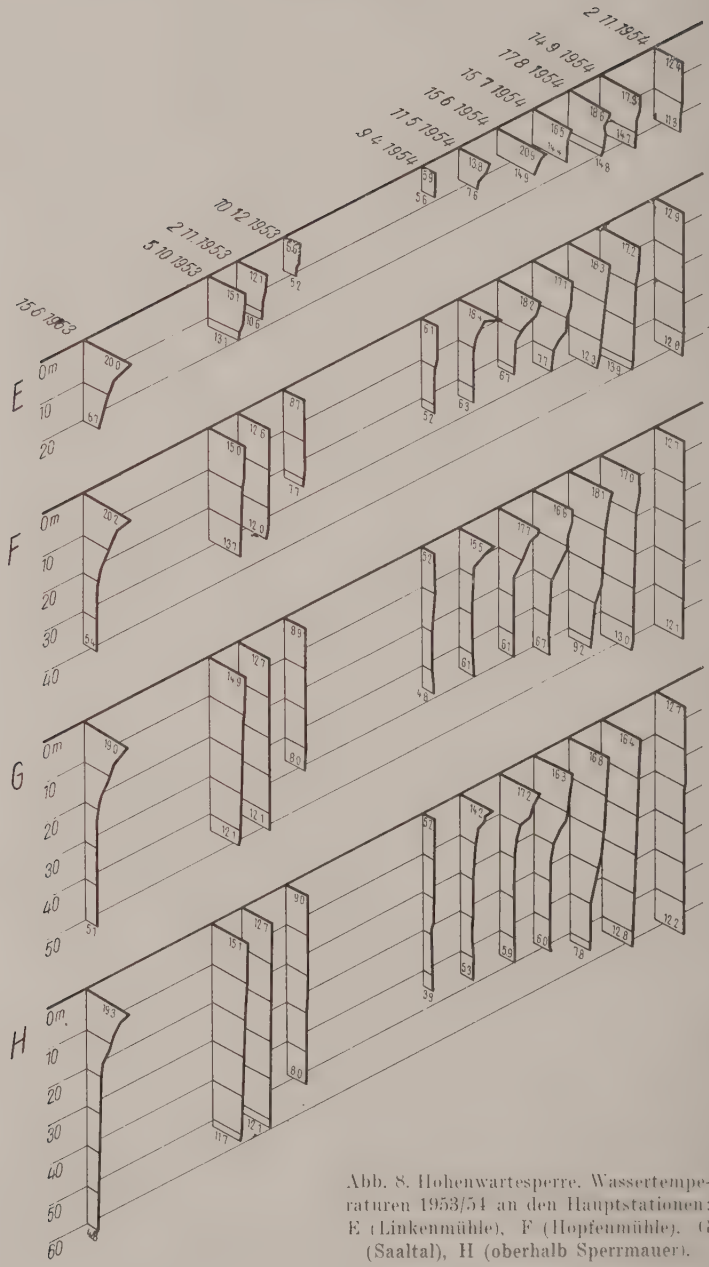


Abb. 8. Hohenwartesperre. Wassertemperaturen 1953/54 an den Hauptstationen: E (Linkenmühle), F (Hopfenmühle), G (Saaltal), H (oberhalb Sperrmauer).

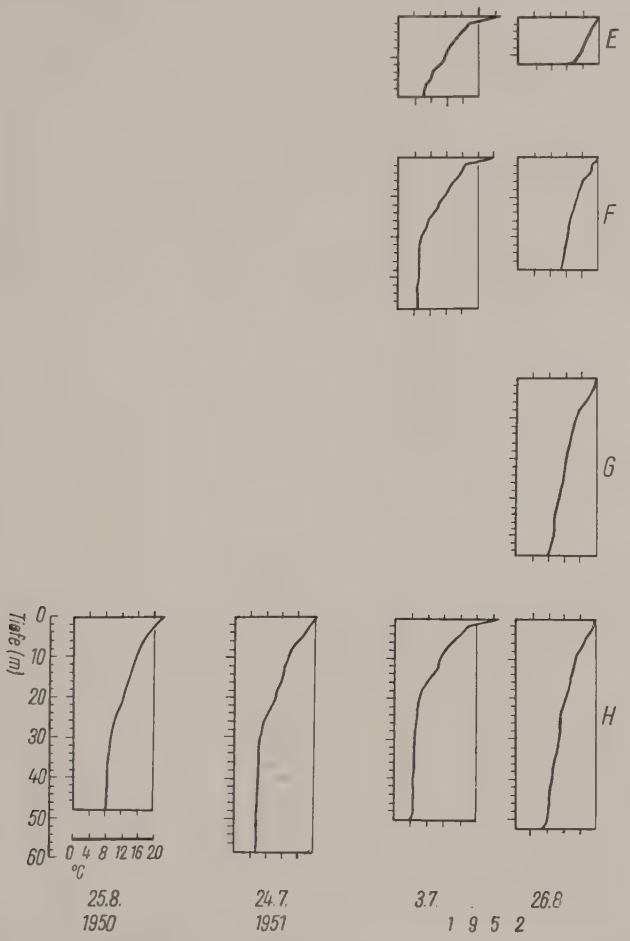


Abb. 9. Hohenwartesperre. Wassertemperaturen zu einigen Terminen 1950 bis 1952.

ausgeprägten Metalimnions kommt es jedoch nicht. Ein solcher dreistöckiger Schichtungsaufbau ist nur im hydrologisch stark abweichenden Jahr 1954 bei ungewöhnlich geringen Zuflüssen in den oberen Abschnitten der Talsperre mehr oder weniger ausgebildet oder angedeutet. In normalen Jahren ist von einer solchen Entwicklung nichts zu bemerken. Der zweistöckige Schichtungsaufbau wandelt sich in der Hohenwartesperre vielmehr im Verlauf des Hochsommers langsam zu einem fast gleichmäßigen Temperaturabfall von der Oberfläche bis zum Grunde, indem sich die untere Grenze des Temperatursprungs relativ schnell in immer größere Tiefen verlagert. Daß das gerade für „normale" Jahre den Regelfall bildet, erweisen die Untersuchungsreihen aus den Hochsommermonaten der Jahre 1950 bis 1952 (Abb. 9).

Die Hohenwartesperre entspricht damit in ihrem Schichtungsaufbau weitgehend dem Typ, den Thienemann (1911) als „Talsperrentyp" schilderte. Die Bleilochsperre nähert sich diesem Typ für den Sonderfall nach dem starken Sommerhochwasser 1954; im „Normaljahr" zeigte sie keine Andeutung einer solchen thermischen Abweichung.

Das unterschiedliche thermische Verhalten der beiden Saaletalsperren hat aber nun nichts mit einem unterschiedlich ausgeprägten „Talsperrencharakter" der beiden Gewässer zu tun. Der andersartige Schichtungsaufbau ist lediglich durch unterschiedliche Zuflußverhältnisse bedingt. Die Bleilochsperre hat einen mittleren Zufluß von 195% ihres Fassungsvermögens. Sie wird von der sommerwarmen Saale gespeist, die nach der Einteilung der Fischereibiologie oberhalb der Talsperre bereits zur Barbenregion gehört. Die durchschnittlichen Zuflußsummen der Sommermonate sind ziemlich gering (vgl. Tabelle 4), so daß die Bleilochsperre gerade im Sommer ein nur schwach durchströmter See ist. Die Hohenwartesperre hat dagegen einen mittleren Zufluß von 284% ihres Fassungsvermögens. Sie wird vom sommerkalten Abfluß der Bleilochsperre gespeist. Die Temperaturen des Saaleflusses zwischen den Großstaubecken liegen in den Sommermonaten bei 13 bis 15° C; der Fluß hat infolgedessen auf dieser Strecke den Charakter eines Forellenflusses angenommen. In normalen Jahren wird in den Sommermonaten aus der Bleilochsperre regelmäßig mehr Wasser abgegeben als ihr zufließt; so erhält die Hohenwartesperre gerade in den Monaten der Sommerstagnation einen verstärkten Zufluß kalten Wassers. In den beiden Monaten Juli und August, in denen sich die thermische Abweichung der Hohenwartesperre endgültig vollzieht, erhielten im „Normaljahr" 1951 die beiden Talsperren folgende Zuflußmengen: Bleilochsperre = 24 hm³ (11% ihres Fassungsvermögens) sommerwarmes Saalewasser, Hohenwartesperre = 66 hm³ (36% ihres Fassungsvermögens) kaltes hypolimnisches Wasser aus der Bleilochsperre, vermehrt um den natürlichen Zufluß aus dem eigenen kleinen Einzugsgebiet. Infolgedessen schichtet sich der Zufluß der Bleilochsperre in das Metalimnion ein, ohne es thermisch merklich zu verändern, während der Zufluß der Hohenwartesperre die Horizonte, die das Metalimnion bilden würden, so stark anschwellen läßt, daß bis zum Spätsommer der annähernd gleichmäßige Temperaturabfall resultiert. Diese unterschiedlichen thermischen Schichtungsbilder der beiden Saaletalsperren müßten unter denselben Zuflußverhältnissen in sehr ähnlicher Weise auch in vergleichbaren natürlichen Seen auftreten. Sie sind für die beiden Stationen oberhalb der Sperrmauern (D bzw. H) noch einmal in Abb. 10 für den Sommer 1951 (Fig. A) und den Sommer 1954, vor dem Hochwassereinbruch (Fig. B), gegenübergestellt.

Die gegenüber natürlichen Seen stärkere Erwärmung des Hypolimnions stellt die thermische Besonderheit der Talsperren dar. Sie ergibt sich besonders anschaulich, wenn man den Temperaturgang in verschiedenen Tiefen verfolgt, wie er für die Bleilochsperre in Abb. 11 und für die Hohenwartesperre in Abb. 12 dargestellt ist. In der Bleilochsperre erreicht der 2-m-Horizont bereits Ende Juni sein Temperaturmaximum, in der Hohenwartesperre dagegen erst im August, wie das bei der Mehrzahl der Seen unserer Breiten der Fall zu sein scheint. In der Bleilochsperre, die bei der Frühjahrszirkulation vollendete Homothermie zeigt, steigen die Kurven des 6-m- und des 10-m-Horizonts selbständig bis zu ihren Maxima im August und September an, während die 14-m-Kurve nahe über der fast geschlossenen Kurvenschar für die größeren Tiefen bleibt. Im Jahre 1954 bringt das starke Sommerhochwasser gewisse Abweichungen, die sich aber auf den Verlauf der Kurven der in 30 m und tiefer gelegenen Horizonte nicht mehr auswirken. In der Hohenwartesperre ist der Verlauf der Kurven wesentlich anders: Das ganze Kurvenbild ist aufgelockert.

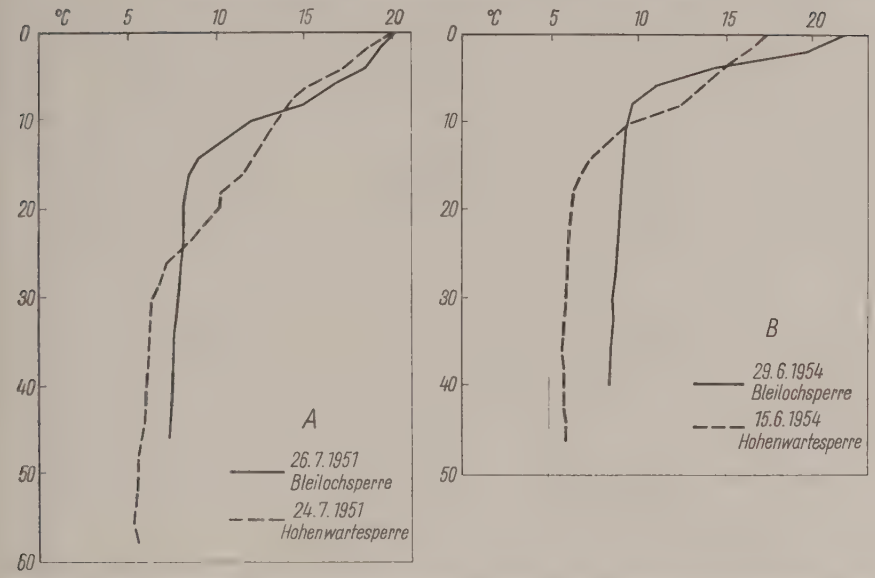


Abb. 10. Saaletalsperren. Thermische Schichtung während der Sommerstagnation 1951 und 1954 (Hauptstationen oberhalb Sperrmauer).

Bemerkenswert ist ferner, daß wenigstens im extrem abweichenden Winter 1953/54 keine Homothermie herrscht, sondern daß die Temperaturkurven der in 30, 40 und 50 m liegenden Horizonte sowohl im Winter wie bei der Frühjahrsvollzirkulation selbständig bleiben. In gewissem Umfang besteht in der Tiefe sogar eine inverse Temperaturschichtung. Diese Erscheinung ist auf die im Winter in Grundnähe erfolgende Einschichtung des Zuflusses zurückzuführen, dessen spezifisches Gewicht in der Nähe des thermischen Dichtemaximums des Wassers spürbar auch von den im Wasser gelösten Stoffen, in diesem Falle von den stark konzentrierten Reststoffen der Sulfitablaugen, beeinflußt wird.

Für die Bleilochsperre gelang es, aus den für das „Normaljahr" 1951 gewonnenen Daten das thermische Schicksal bestimmter absinkender Horizonte zu verfolgen, die sich infolge des Wasserabzuges am Grunde parallel zu ihrer ursprünglichen Lage stetig in immer größere Tiefen verlagern. Es konnte nachgewiesen werden, daß unterhalb des Wirkungsbereiches des von der Oberfläche ausgehenden Wärmetransportes, der vertikalen Austauschströmungen und des sich einschichtenden Zuflusses die absinkenden Wasserkörper während der Sommerstagnation unbeeinflußt bleiben, sofern keine weiteren Störungsquellen bestehen (der tief im Hypolimnion gelegene Wasserabzug ist an sich keine solche Störungsquelle). Diese Befunde wurden bereits an anderer Stelle veröffentlicht (Schräder 1958c).

In der Bleilochsperre ist jedoch der Turbineneinlauf in der Sperrmauer eine Stelle, von der aus infolge des Pumpspeicherbetriebs eine thermische Beeinflussung des Hypolimnions erfolgen kann und auch regelmäßig erfolgt. In den Sommermonaten mit geringen Zuflußmengen wird allnächtlich ein Teil (meist etwa $^2/_3$) des am Tage in zwei Schüben zur Erzeugung von Spitzenstrom ins Ausgleichsbecken Burgk abgegebenen Wassers wieder in die Talsperre zurückgepumpt. Bei dem zwei-

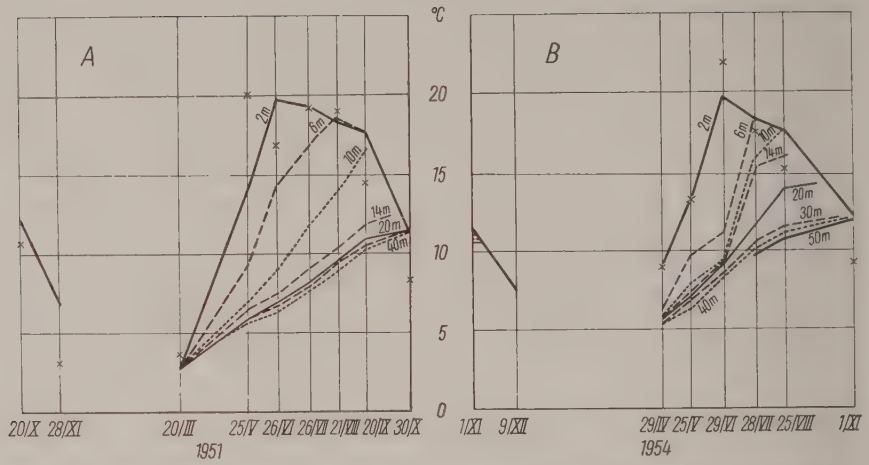


Abb. 11. Bleilochsperre. Temperaturgang in verschiedenen Tiefen 1951 und 1954 (oberhalb der Sperrmauer). Die Kreuze × bezeichnen die Temperatur der zufließenden Saale.

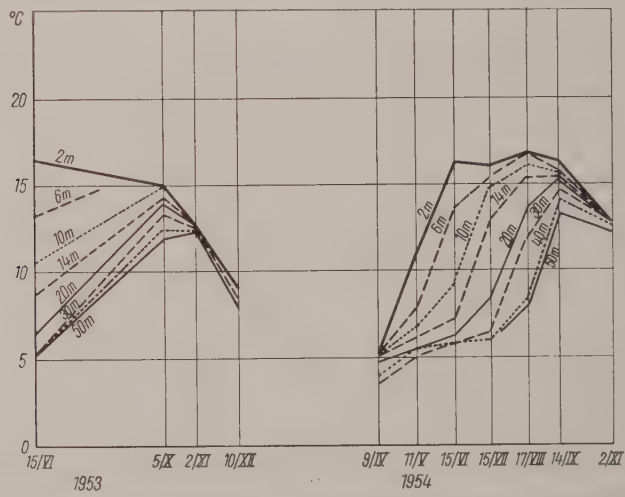


Abb. 12. Hohenwartesperre. Temperaturgang in verschiedenen Tiefen 1953/54 (oberhalb der Sperrmauer).

maligen Durchgang durch die Maschinen des Kraftwerks und bei seinem Aufenthalt im Ausgleichsbecken wird das zurückgepumpte Wasser in bestimmtem Umfang erwärmt.

Es ist nur unter Vorbehalt möglich, verschiedene Seen oder Talsperren in thermischer Hinsicht miteinander zu vergleichen. Es gibt Beispiele natürlicher Seen, in denen der Temperaturgang bereits in 20 m Tiefe ganz flach verläuft und in denen die Amplitude des Jahresganges der Temperatur in 30 m und tiefer nur noch 1° C und weniger beträgt. ELSTER und SCHMOLINSKY (1953) haben den Temperatur-

verlauf in verschiedenen Tiefen einer Reihe natürlicher Seen und Stauseen des südlichen Hochschwarzwaldes untereinander und mit einigen bayrischen Seen verglichen. Unter den von ihnen untersuchten Gewässern befindet sich auch der Schluchsee, ein ehemals natürlicher See, der heute etwa 30 m über seinem ehemaligen Wasserspiegel zu einer Talsperre von rund 112 hm^3 Fassungsvermögen angestaut ist. Vor allem in den größeren Tiefen ab 20 m und mehr lagen die sommerlichen Temperaturen des Schluchsees meist sehr bedeutend über den entsprechenden Tiefentemperaturen der übrigen Schwarzwaldseen, des Bodensees und anderer Voralpenseen.

In Tabelle 15 sind die Minima, Maxima und Jahresamplituden der Wassertemperatur verschiedener Tiefen der Bleilochsperre 1951 den entsprechenden Werten für den Schluchsee 1949 gegenübergestellt. Wenn es sich auch um Daten aus verschiedenen Jahren handelt, so darf doch wohl gesagt werden, daß Bleilochsperre und Schluchsee in ihren tieferen Horizonten dieselbe thermische Überlegenheit gegenüber natürlichen Seen zeigen. Der Schluchsee erreichte in 50 m Tiefe fast 12° C, die Bleilochsperre in 40 m Tiefe fast 11° C, während etwa im Bodensee die Temperaturen in 50 m Tiefe nur etwa 5° C zu erreichen oder knapp zu überschreiten pflegen. Es ist wahrscheinlich, daß die um etwa 2° C gegenüber dem Schluchsee niedrigeren Maxima der Bleilochsperre und die etwa ebenfalls um 2 bis 3° C kleineren Amplituden in den hypolimnischen Schichten der Bleilochsperre typisch und der Ausdruck einer ständigen thermischen Unterlegenheit gegenüber dem Schluchsee sind. Beim Schluchsee ist die Pumpwassermenge bedeutend größer. Sie betrug nach Elster und Schmolinsky z. B. im Jahre 1948 etwa 225% und 1949 sogar rund 800% des natürlichen Zuflusses, während sie bei der Bleilochsperre stets geringer bleiben muß als der natürliche Zufluß, da hier kein Pumpwasser fremder Herkunft zur Verfügung steht und stets eine Mindestwassermenge an den Unterlauf abgegeben werden muß.

Überschlägige Berechnungen über die durch den Pumpspeicherbetrieb bewirkte Wärmezufuhr ins Hypolimnion der Bleilochsperre haben ergeben, daß die hierdurch bedingte Temperaturerhöhung des Hypolimnions für die Dauer einer Sommerstagnation den Betrag von 2° C nicht zu überschreiten scheint.

Die Berechnung von Zahlenwerten für den Wärmeinhalt bzw. den Wärmegewinn während der Sommermonate ist für Talsperren infolge des stark schwankenden

Tabelle 15. Bleilochsperre im Vergleich zum Schluchsee. Minima, Maxima und Jahresamplituden der Wassertemperatur in verschiedenen Tiefen

Tiefe m	Bleilochsperre 1951			Schluchsee 1949		
	Minimum	Maximum	Jahres-amplitude	Minimum	Maximum	Jahres-amplitude
2	2,8	19,7	16,9	2,3	21,3	19,0
6	2,8	18,5	15,7	2,3	16,8	14,5
10	2,8	16,4	13,6	2,3	16,5	14,2
14	2,8	11,8	9,0	2,3	14,7	12,4
20	2,8	11,1	8,3	(2,3)	13,3	(11,0)
30	2,8	11,1	8,3	(2,3)	13,1	(10,8)
40	2,7	(10,9)	(8,2)	(2,3)	12,5	(10,2)
50				(2,3)	11,9	(9,6)

Die Zahlen für den Schluchsee sind aus der Fig. 40b bei Elster und Schmolinsky (1953) interpoliert.

Die eingeklammerten Werte sind geschätzt.

Pegelstandes viel schwieriger als für natürliche Seen. Infolge ihrer charakteristischen höheren hypolimnischen Temperaturen müssen Talsperren alljährlich einen höheren Wärmegewinn aufweisen als gleich große natürliche Seen. Tonolli (1956) teilte das aufschlußreiche Beispiel des Ledrosees mit, der ursprünglich ein natürlicher See war, 1928 in 25 m Tiefe durch eine Druckrohrleitung angezapft wurde, wodurch der natürliche Abfluß aus dem Epilimnion versiegte, und 1949 in sein drittes Stadium trat, als der Pumpspeicherbetrieb aufgenommen und zeitweise warmes Oberflächenwasser des rund 600 m tiefer gelegenen Gardasees hochgepumpt wurde. Tonolli berechnete den Wärmeinhalt des ersten Stadiums (natürlicher See) auf 22000 cal/cm², des zweiten Stadiums (Speichersee) auf 26000 cal/cm² und des dritten Stadiums (Pumpspeicherbecken) auf 46000 cal/cm².

Für die Bleilochsperre wurde als Wärmegewinn im Sommer des Normaljahres 1951 ein Wert von $1737 \cdot 10^9$ kcal bzw. $1950 \cdot 10^9$ kcal errechnet, und zwar für einen reduzierten Wasserinhalt der Talsperre von 177 hm³. Für das abweichende Jahr 1954 ergab sich ein höherer Wärmegewinn von $2234 \cdot 10^9$ kcal, reduziert auf denselben Pegelstand. Die stärkere Erwärmung der Bleilochsperre im Jahre 1954 (um 1,6° C höheres Maximum der wahren Mitteltemperatur gegenüber 1951) wird je etwa zur Hälfte auf das starke Julihochwasser und den verstärkten Pumpspeicherbetrieb zurückzuführen sein. Die Hohenwartesperre, für die keine vollständigen Meßreihen aus „normalen" Jahren vorliegen, scheint zu Beginn des Sommers zunächst im Wärmegewinn hinter der Bleilochsperre zurückzubleiben, bis zum Ende der Sommerstagnation jedoch gleichwohl etwa denselben Wärmegewinn zu erreichen (vgl. Tabelle 16).

Tabelle 16. Saaletalsperren. Vergleich der wahren Mitteltemperaturen

Zeitpunkt	Bleilochsperre		Hohenwartesperre	
	1951	1954	1954	1952/53
Mai	8,8	9,0	7,9	
Mitte Juni bis Anfang Juli	10,9	11,4	10,5	(10,4) 9,6
Mitte Juli bis Ende Juli	12,7	14,2	12,3	
Mitte August bis Ende August	13,7	15,3	14,9	
Mitte September	14,0		15,4	
Anfang Oktober				14,2
Ende Oktober bis Anfang November	11,0	12,2	12,6	

Ruttner (1940) gibt für den Ammersee in Bayern, der genau zehnmal so groß ist (1771 hm³) wie die Bleilochsperre bei dem oben angeführten reduzierten Wasserinhalt, einen Wärmegewinn von $11{,}74 \cdot 10^{12}$ kcal für die Zeit von Februar (Wärmeinhalt $= 5{,}69 \cdot 10^{12}$) bis September (Wärmeinhalt $= 17{,}43 \cdot 10^{12}$ kcal) an. Ein Vergleich ist natürlich auch hier wiederum nur mit allem Vorbehalt zulässig. Die Unterschiede zwischen dem natürlichen See $= 1174 \cdot 10^9$ kcal ($^1/_{10}$ des Inhalts des Ammersees) und der Bleilochsperre $= 1737 \cdot 10^9$ bzw. $1950 \cdot 10^9$ kcal (1951) und $2234 \cdot 10^9$ kcal (1954) sind immerhin recht deutlich.

Noch eindrucksvoller werden die Unterschiede im Wärmegewinn, wenn die meist gleichartigen oberen Schichten fortgelassen und nur die hypolimnischen Schichten miteinander verglichen werden. Elster und Schmolinsky (1953) berechneten den Wärmegewinn der hypolimnischen Schichten des Schluchsees (10 bis 40 m) auf $103{,}7 \cdot 10^6$ cal/m² gegenüber 22,2 für den Titisee (10 bis 39,5 m) und 8,2 für den Feldsee (10 bis 34,5 m) im Jahre 1948 bzw. auf 106,1 (Schluchsee) gegenüber 12,7 (Titisee) und 5,6 (Feldsee) $\cdot 10^6$ cal/m² im Jahre 1949.

C. Die hydrochemischen Verhältnisse

Der Zufluß zur Bleilochsperre wird im wesentlichen von der Saale gebildet, die am oberen Ende des Rückstaues der Sperre bei Blankenstein in diese übergeht. Kurz oberhalb ist der Saale die Selbitz zugeflossen (vgl. Abb. 1). Vom Gesamtzufluß der Bleilochsperre stammten in den Jahren 1951 und 1954 je rund 55% aus der eigentlichen Saale (oberhalb der Mündung der Selbitz), rund 31% aus der Selbitz und rund 14% aus verschiedenen kleinen Wasserläufen, die unmittelbar in das etwa 27 km lange Talsperrenbecken einmünden.

Der Oberlauf der Saale erreicht die bayrisch-thüringische Grenze oberhalb von Hirschberg mit einer deutlichen Restbelastung, die im wesentlichen aus der Stadt Hof stammt. Im Raume Hirschberg werden die Abwässer der Stadt und insbesondere der Lederfabrik Hirschberg eingeleitet, die den Verschmutzungsgrad der Saale stark ansteigen lassen. Auf der anschließenden Strecke bis Blankenstein, wo der Fluß die Grenze zwischen Bayern und Thüringen bildet, sind spürbare Abwassereinleitungen nirgends nachzuweisen. Die Selbstreinigungsvorgänge bewirken auf dieser Strecke einen Abbau der organischen Stoffe in einem solchen Umfang, daß die Saale in Blankenstein stets einen höheren Reinheitsgrad besitzt als an jeder anderen Stelle zwischen der bayrisch-thüringischen Grenze oberhalb Hirschberg und Blankenstein. In diese weitgehend wiedererholte und mit dem Reinwasser der Selbitz vermischte Saale werden die Ablaugen der Sulfitzellstoffabrik Blankenstein eingeleitet.

Die Jahressumme dieser Belastung der Saale, wie sie sich in die Bleilochsperre ergießt, entsprach für das hydrologische Jahr 1951 einem Permanganatverbrauch von 154146 t $KMnO_4$, der zu 91,7% aus den Sulfitablaugen bzw. -schlempen und zu 8,3% aus der Saale oberhalb der Einleitungsstelle der Ablaugen stammte (Schräder 1954). Entsprechende Berechnungen für das hydrologisch stark abweichende Jahr 1954 ergaben für die Belastung des Zuflusses bei Blankenstein einen Wert von 146315 t $KMnO_4$, der praktisch mit dem Wert des „Normaljahres" 1951 identisch ist. Einige Untersuchungen während des Sommers 1954 in der Saale zwischen Hirschberg und Blankenstein ergaben auch für den Saalefluß im wesentlichen dieselben Verhältnisse wie 1951. In der Gesamtbilanz hat sich also bis 1954 gegenüber 1951 hinsichtlich der Zuführung von Permanganat verbrauchenden Stoffen zur Bleilochsperre weder der Menge noch der Herkunft nach etwas geändert. Diese Feststellung besagt natürlich nichts über den unterschiedlichen Grad der Verdünnung dieser Stoffe im Zufluß bzw. im Talsperrenbecken und damit über das unterschiedliche Ausmaß ihrer Auswirkung in den betreffenden Jahren.

Höhe und Schichtung des molekular gelösten Sauerstoffs (O_2) und des Permanganatverbrauchs (PMV) während des Normaljahres 1951 wurden bereits in einer früheren Publikation geschildert (Schräder 1954). Mit Rücksicht auf den Ort der damaligen Veröffentlichung waren dabei vor allem in der Bilanz der Selbstreinigung einige leichte Komplizierungen fortgelassen worden, die durch hydrologische Abweichungen (kleines Junihochwasser) auch eines „Normaljahres" bedingt waren. Die damaligen Ergebnisse werden im folgenden zum Vergleich mit den Daten des extrem abweichenden Jahres 1954 zusammengefaßt wiederholt, wobei die Darstellungen teilweise ergänzt und die Zahlenangaben durch Reduktion der Werte auf den genauen Pegelstand verbessert worden sind.

Der bei den neun Terminuntersuchungen des hydrologischen Jahres 1951 an den vier Hauptstationen A (Saaldorf), B (Totenfels), C (Saalburg) und D (oberhalb der Sperrmauer) der Bleilochsperre festgestellte Gehalt an molekular gelöstem Sauerstoff ist in Abb. 13 wiedergegeben. Die unter den Einzelfiguren für den jeweiligen

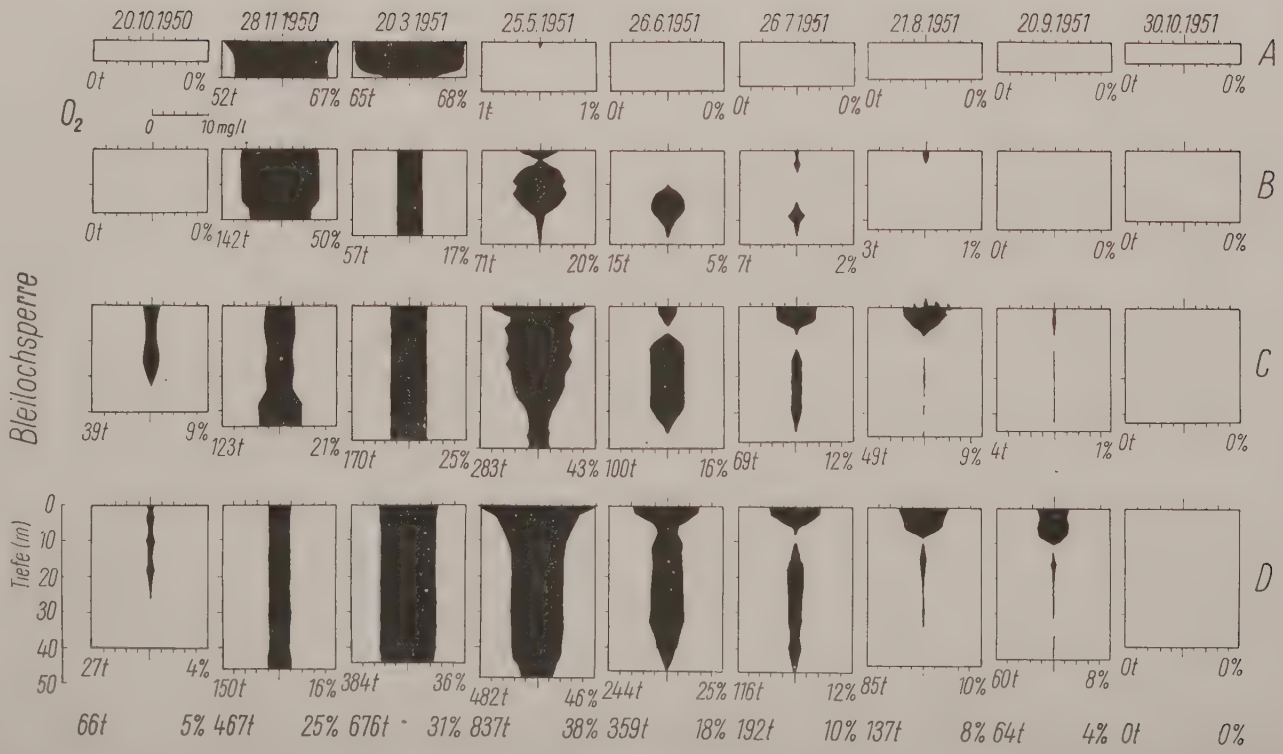


Abb. 13. Bleilochsperre. Sauerstoffgehalt 1951 an den Hauptstationen.

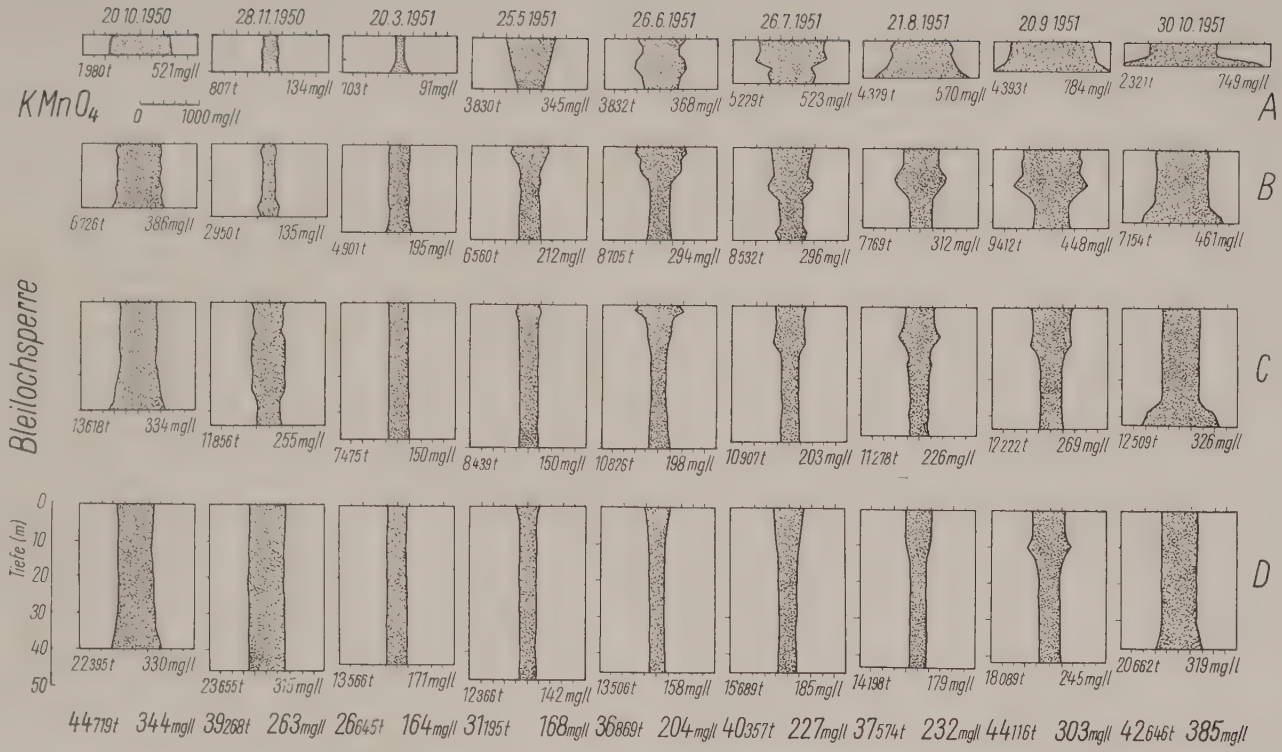


Abb. 14. Bleilochsperre. Permanganatverbrauch 1951 an den Hauptstationen.

Abschnitt und am Fuße der Abbildung für die gesamte Talsperre angegebenen Zahlenwerte stellen den absoluten Sauerstoffgehalt in Tonnen O_2 und den entsprechenden Prozentsatz des Sättigungswertes dar. Diese Sättigungswerte sind ohne Berücksichtigung der tatsächlich vorliegenden Schichtung errechnet; ihnen liegt also die Annahme zugrunde, daß der Sauerstoff in der Wassermasse des betreffenden Abschnittes gleichmäßig verteilt sei. Das trifft natürlich nur in Ausnahmefällen (während der Vollzirkulationen) annähernd zu. Da die tatsächlich vorliegende vertikale Schichtung jedoch aus den Figuren selbst unmittelbar hervorgeht, erscheint die Angabe solcher rein rechnerischen Durchschnittswerte gleichwohl sinnvoll, da sie unmittelbare zahlenmäßige Vergleiche zwischen den einzelnen Abschnitten und zu den einzelnen Terminen zulassen. In derselben Weise ist in Abb. 14 der Permanganatverbrauch dargestellt.

Der Jahresgang von O_2 und PMV war während des Normaljahres 1951 folgender: Beim Wechsel des hydrologischen Jahres ist die Bleilochsperre überall anaerob, und der PMV hat sein Maximum. Die beiden Vollzirkulationen und die reichlichen Winterzuflüsse O_2-reichen Wassers bewirken eine „Ausspülung" des alten belasteten Wassers und eine Wiederauffüllung des Sauerstoffs. O_2-Anstieg und PMV-Abnahme setzen sich zuerst in den oberen flacheren Abschnitten der Talsperre durch und führen hier, wenn auch nur für die Wintermonate, zu den höchsten Prozentsätzen der Sauerstoffsättigung und den niedrigsten PMV-Werten. Die Talsperre im ganzen zeigt den höchsten Prozentsatz der O_2-Sättigung (38%) im Mai und den niedrigsten durchschnittlichen PMV (164 bis 168 mg/l $KMnO_4$) im März bis Mai. Der Wiederanstieg des PMV bis zum neuen Maximum am Ende des hydrologischen Jahres und ebenso der stetige Schwund des O_2 während der Sommerstagnation setzen im obersten Abschnitt A ein und ergreifen im Laufe der Stagnationsperiode nach und nach auch die anderen Abschnitte. Den Nullwert des O_2 erreichen Abschnitt A im Juni, Abschnitt B im September und Abschnitte C und D im Oktober.

Der Sauerstoffschwund in der Bleilochsperre setzt in zwei voneinander getrennten Horizonten ein. Der eine Ort des Sauerstoffschwundes ist das tiefe Hypolimnion, zunächst dessen tiefste Schichten mit Bodenkontakt, später auch das ganze Hypolimnion. Der zweite getrennte Ort des O_2-Schwundes, an dem die Sauerstoffabnahme gegenüber dem Schwund in der Tiefe beschleunigt und zeitlich vorauseilend verläuft, liegt im Metalimnion. Die Sauerstoffzehrung in den beiden räumlich getrennten Bereichen hat unterschiedliche aktuelle Ursachen. Der hypolimnische O_2-Schwund hat seine Parallele in den entsprechenden Vorgängen stark eutropher Seen; er ist nicht mit einer Zunahme des PMV verbunden. Der metalimnische O_2-Schwund dagegen ist von einem Anstieg des PMV begleitet. Er wird durch die frischen Ablaugen bedingt, die sich für die Dauer der Sommerstagnation mit der Saale in einen bestimmten Horizont des Metalimnions einschichten.

Mit dem langsamen Absinken der thermischen Sprungschicht von etwa 2 m (Mai) in etwa 10 m Tiefe (September) verlagert sich auch der Ort der Einschichtung der mit frischen Ablaugen belasteten Saale, erkennbar am O_2-Schwund und am PMV-Maximum. Nach Eintritt der Herbstvollzirkulation ist die mit Ablaugen belastete Saale spezifisch schwerer als das turbulent durchmischte Wasser des Talsperrenbeckens; sie fließt daher nun während des Winters als „Grundströmung" durch die Talsperre und bewirkt das PMV-Maximum unmittelbar über dem Boden.

Am Ende des hydrologischen „Normaljahres", nach Eintritt der Herbstvollzirkulation, hat die Bleilochsperre praktisch wieder denselben hydrochemischen Zustand wie zu Beginn des Jahres. Eine von Jahr zu Jahr zunehmende Ansammlung von

Resten der organischen Belastung im freien Wasser der Talsperre (die Sedimente bleiben hier außer Betracht) findet grundsätzlich nicht statt.

Für das hydrologisch extrem abweichende Jahr 1954 sind Höhe und Schichtung des O_2 und des PMV an den vier Hauptstationen der Bleilochsperre zu den acht Terminen dieses Jahres in den Abb. 15 und 16 wiedergegeben. Entgegen der Regel beginnt das hydrologische Jahr mit einer stärkeren Ansammlung von Stoffen mit PMV (rund 150% des Durchschnittswertes eines Normaljahres), und zwar als Folge der bereits seit April 1953 andauernden Periode unterdurchschnittlicher Zuflüsse, durch die die in unveränderter Menge eingeleiteten Ablaugen entsprechend geringer verdünnt worden sind. Durch das extreme Defizit gerade der hydrologisch entscheidenden Wintermonate 1953/54 (vgl. Tabelle 12) unterbleibt die normale „Ausspülung" der alten hochbelasteten Wassermassen und ebenso der Abbau auf denselben Restwert des PMV. Weder die Herbst- noch die Frühjahrsvollzirkulation bewirken ein Wiederauftreten von O_2 im Wasser der Talsperre; als Ergebnis des Gasaustausches mit der Atmosphäre kommt es bis zum Ende der Frühjahrsvollzirkulation 1954 lediglich zu einer Entfernung des H_2S aus den obersten Wasserschichten. Nach etwas höheren Zuflüssen im April, die aber auch unter dem langjährigen Mittel bleiben, tritt vorübergehend O_2 im oberen Teil der Sperre auf. Ende Mai ist in den unteren Abschnitten der Talsperre ein geringer Gehalt an O_2 in den obersten Metern des Epilimnions festzustellen. Ende Juni, zu Ende der extremen 15monatigen Defizitperiode des Zuflusses, sind die Abschnitte A, B und C schon wieder anaerob. Der höchste für die gesamte Talsperre berechnete Sättigungsprozentsatz vor dem Julihochwasser wird am 25. Mai 1954 mit 6% des Sättigungswertes beobachtet, gegenüber 38% am gleichen Stichtag des Normaljahres 1951. Die PMV-Werte erreichen Ende Juni bereits wieder die Werte des Jahresbeginns.

Das starke Julihochwasser 1954 wirkt sich auf die hydrochemischen Verhältnisse der Bleilochsperre ähnlich aus wie ein normal starker Winterzufluß, nur bleibt diese Wirkung auf die Horizonte beschränkt, die bis dahin das Epi- und Metalimnion bildeten. Eine „Ausspülung" findet nicht statt, sondern lediglich eine Verdünnung der Ablaugen und ihrer Reststoffe. Infolgedessen sinkt zwar der rechnerische Durchschnittswert des PMV ab (bei stark angestiegenem Pegelstand), aber an der Gesamtmenge des PMV des Sperreninhalts ändert sich zunächst nicht viel. Das Hypolimnion bleibt vom Hochwassereinbruch völlig unberührt, ist weiterhin anaerob, enthält überall H_2S und besitzt einen unverändert hohen PMV.

Die ab Ende Juli 1954 erfolgende stärkere Wasserabgabe aus dem tiefen Hypolimnion der Bleilochsperre führt nun zu einer zunehmenden Wegführung der noch unverändert hochbelasteten alten Wassermassen aus dem Talsperrenbecken. Am Ende des hydrologischen Jahres 1954 ist die Bleilochsperre in weiten Bereichen aerob (im Mittel 9% des Sättigungswertes) und besitzt eine Ansammlung von Stoffen mit PMV, die im rechnerischen Durchschnitt nur noch 210 mg/l $KMnO_4$ ausmachen. Damit schließt das hydrologische Jahr 1954 trotz der viel ungünstigeren Ausgangslage gegenüber einem Normaljahr mit deutlich günstigeren hydrochemischen Verhältnissen.

Die extremen Abweichungen des hydrologischen Jahres 1954 bringen hinsichtlich der Einschichtung des Zuflusses keine grundsätzlichen Änderungen, sondern lediglich gewisse Modifikationen. Zum Beispiel ist die metalimnische Einschichtung während der Sommerstagnation vor dem Julihochwasser hydrochemisch kaum nachweisbar, da das ganze Metalimnion stets anaerob bleibt. Nach dem Hochwasser ist der Ort der Einschichtung wieder sowohl am O_2-Schwund wie am PMV-Anstieg zu erkennen.

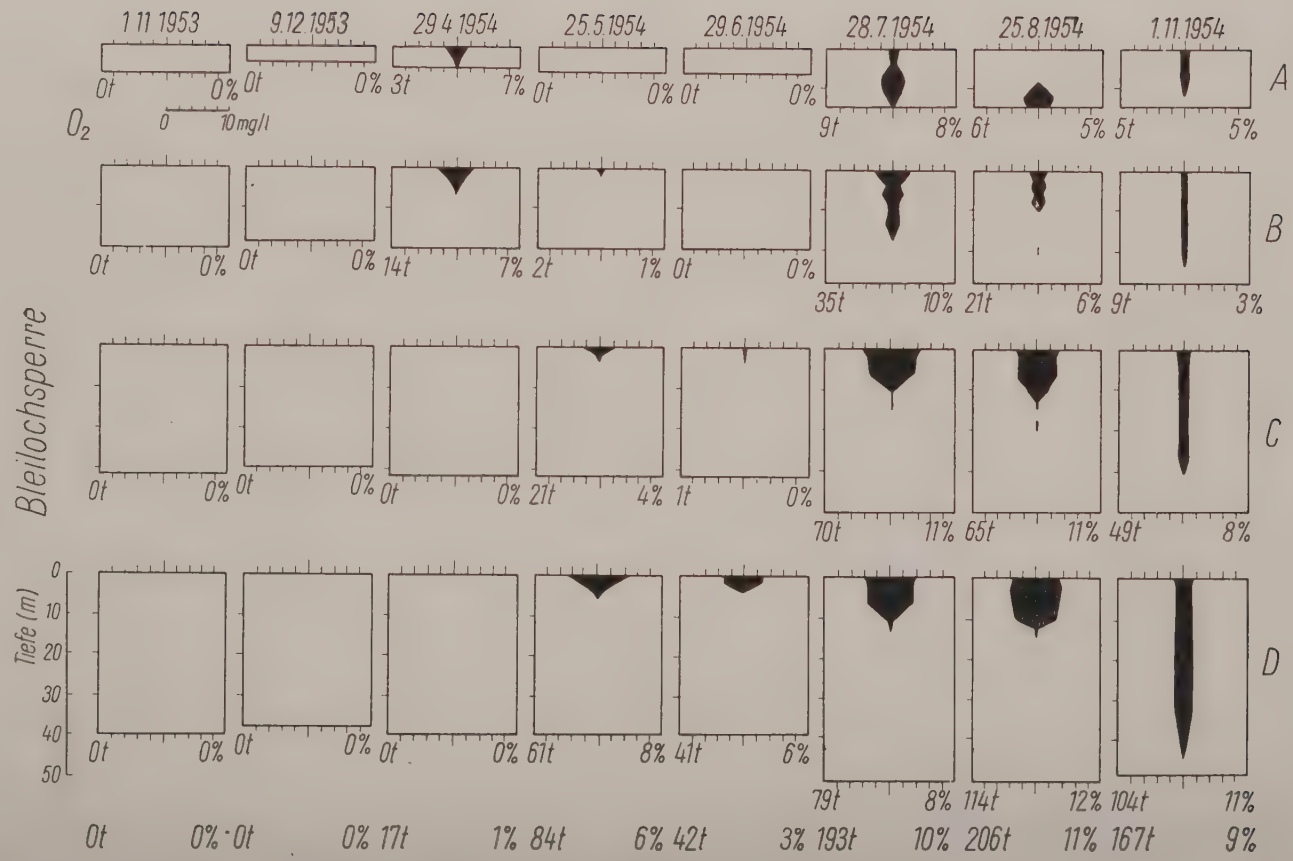


Abb. 15. Bleilochsperre. Sauerstoffgehalt 1954 an den Hauptstationen.

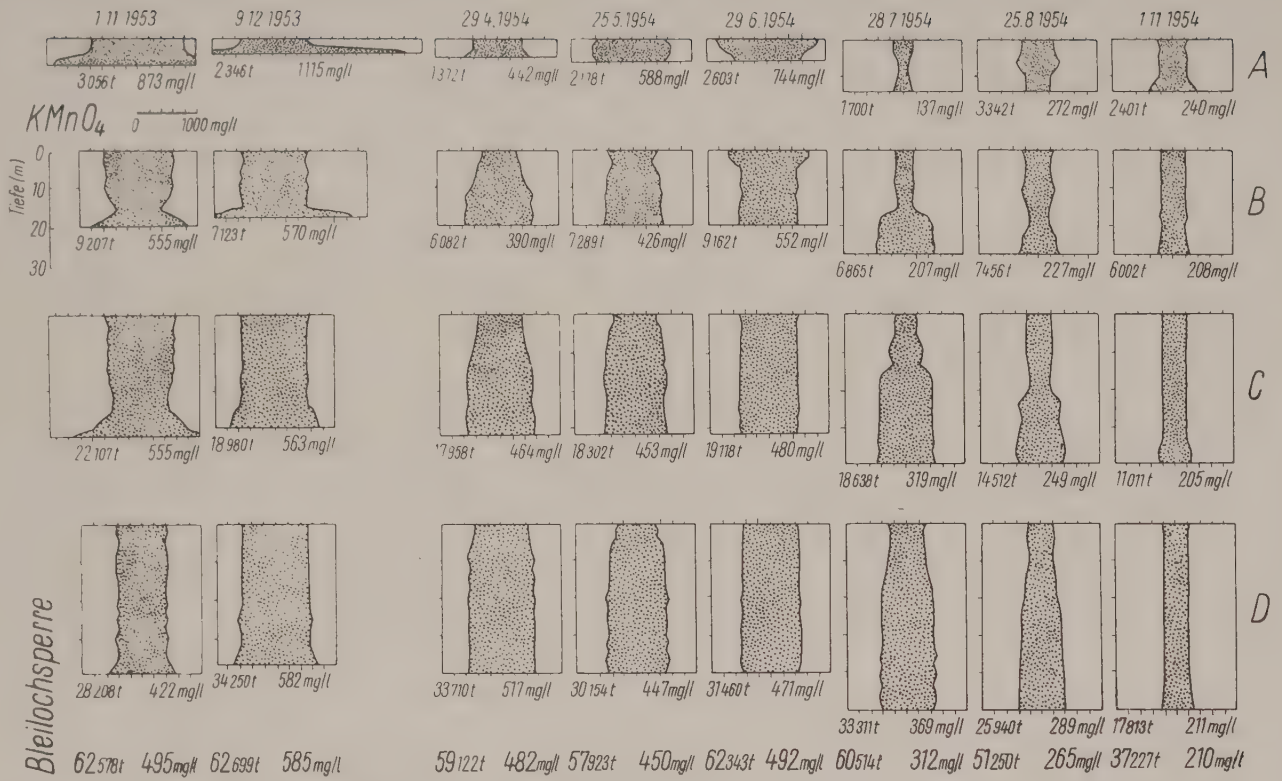


Abb. 16. Bleilochsperre. Permanganatverbrauch 1954 an den Hauptstationen.

Das aus dem Hypolimnion der Bleilochsperre talwärts zur Hohenwartesperre fließende Wasser wird zunächst in den beiden Ausgleichsbecken Burgk und Wisenta nur wenig verändert. Trotz des sehr hohen Durchflußkoeffizienten bildet sich für die Zeit der Sommerstagnation in beiden Ausgleichsbecken eine thermische Schichtung mit deutlichem Epilimnion. Das kalte hypolimnische Wasser aus der Bleilochsperre durchfließt auch im Sommer beide Ausgleichsbecken als „Kurzschlußströmung". Das Epilimnion der Ausgleichsbecken ist zwar von nur geringer Mächtigkeit, es verhindert jedoch den Gasaustausch des talwärts fließenden Wassers mit der Atmosphäre. Die Wiederbelüftung dieses Wassers erfolgt in wirksamer Weise erst auf der rund 9 km langen Flußstrecke der Saale um Walsburg. Die Abb. 17 und

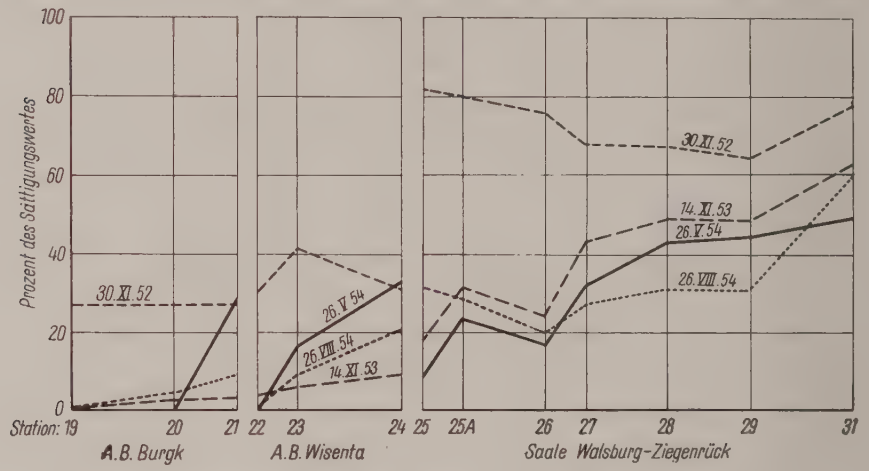


Abb. 17. Ausgleichsbecken und Saale zwischen den Talsperren. Sauerstoff sofort.

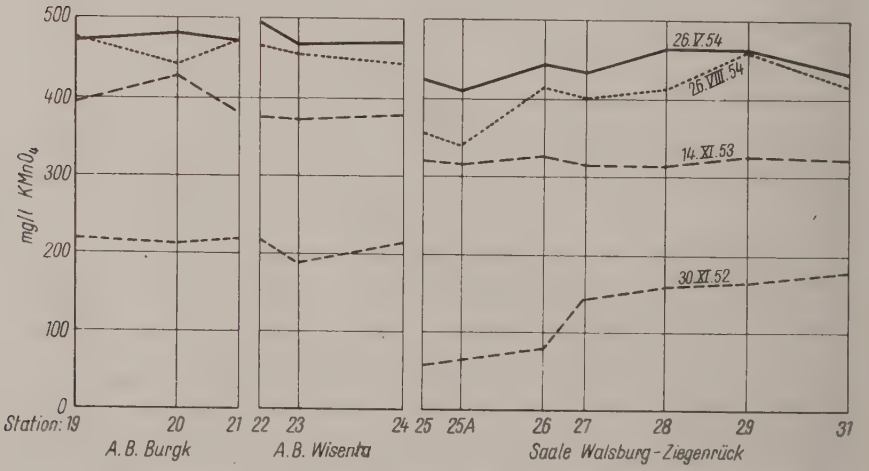


Abb. 18. Ausgleichsbecken und Saale zwischen den Talsperren. Permanganatverbrauch.

18 geben als Beispiele vier Untersuchungsreihen aus den Ausgleichsbecken und der Saale zwischen den Talsperren. Die Analysenreihen stammen vorzugsweise aus dem hydrologischen Jahr 1954; lediglich die Reihe vom 30. November 1952 zeigt die typischen Verhältnisse eines „normalen" Jahres in der Periode der regelmäßigen stärkeren Winterzuflüsse. Unterschiede in der Wasserbeschaffenheit zu den einzelnen Terminen treten auf der Flußstrecke um Walsburg vor allem auch durch die unterschiedlich starke Beimischung von Wasser aus der Wisenta auf; die Auswirkung des Pumpspeicherbetriebs des Wisentakraftwerks ist oft recht deutlich zu erkennen.

Bei sommerlichem Niedrigwasser erhöht sich auf der Flußstrecke der Saale zwischen den Großstaubecken der O_2-Gehalt des Wassers im Durchschnitt von etwa 10 bis 20% auf etwa 50 bis 60% des Sättigungswertes. Der PMV-Wert ist unterhalb des Wisentakraftwerks (Station 25) je nach der Menge des zugemischten Wisentawassers mehr oder weniger deutlich erniedrigt. Ein Abbau des PMV-Wertes auf der 9 km langen Flußstrecke bis zum Rückstau der Hohenwartesperre bei Ziegenrück ist aber zahlenmäßig nicht zu erfassen. Exakte Berechnungen sind mangels ausreichender hydrologischer Unterlagen und bei dem hohen „Ballastwert" im PMV (Überwiegen von Substanzen, die keinen Biochemischen Sauerstoff-Bedarf mehr besitzen) nicht durchführbar. Das Ausmaß des Abbaues scheint relativ gering zu sein.

Für die Beurteilung der hydrochemischen Verhältnisse der Hohenwartesperre kann die Zeit bis zur Herbstvollzirkulation 1953 noch als „normal" angesehen werden, trotz der bereits mit April 1953 beginnenden 15monatigen Defizitperiode des Zuflusses (zur Bleilochsperre). Der aus dem Hypolimnion der Bleilochsperre stammende Hauptzufluß zur Hohenwartesperre hat ja bis zur Herbstvollzirkulation 1953 noch die Beschaffenheit besessen, die aus den hydrologischen Verhältnissen zur Zeit der Frühjahrsvollzirkulation 1953 resultierten. Die ab 15. Juni 1953 einsetzende Reihe der Terminuntersuchungen 1953/54 und einige Reihen aus den Monaten Juli und August 1952 erlauben daher, ein annähernd richtiges Bild vom hydrochemischen Zustand der Hohenwartesperre auch in einem „Normaljahr" zu gewinnen.

Für die vier Hauptstationen auf der Hohenwartesperre, E (Linkenmühle), F (Hopfenmühle), G (Saaltal) und H (oberhalb der Sperrmauer), sind Höhe und Schichtung von O_2 und PMV für die 11 Terminuntersuchungen zwischen dem 15. Juni 1953 und dem 2. November 1954 in den Abb. 19 und 20 dargestellt.

Die Hohenwartesperre erhält die Hauptzufuhr der Permanganat verbrauchenden Stoffe in den Wintermonaten. Der Zufluß hochbelasteten Wassers beginnt mit der Herbstvollzirkulation in der Bleilochsperre, sobald die während der Sommerstagnation im Metalimnion der Bleilochsperre angesammelten Sulfitablaugen bzw. ihre Reststoffe turbulent in den Wassermassen der Bleilochsperre verteilt und nunmehr vom Grundablaß erfaßt werden. Diesem Mischwasser, dessen PMV kein hoher BSB (Biochemischer Sauerstoff-Bedarf) mehr entspricht, weil es sich um bereits weitgehend ausgefaulte Reststoffe der Sulfitablaugen handelt, folgt dann ein Wasser, das noch bedeutende Mengen relativ frischer Ablaugen enthält. Wie schon früher nachgewiesen werden konnte (Schräder 1954), fließt die mit frischen Ablaugen belastete Saale in den Wintermonaten als „Grundströmung" durch die ganze Bleilochsperre hindurch, so daß im Abfluß der Bleilochsperre im November 54% und im Dezember bis März 82% des PMV wieder erscheinen, den die Saale in Blankenstein (nach Zuführung der Sulfitablaugen) aufweist. Diese winterliche Zufuhr der organischen Belastung in die Hohenwartesperre wird abgestoppt, sobald sich in der Bleilochsperre die neue Sommerstagnation ausbildet, für deren Dauer sich die Ablaugen wieder in das Metalimnion der Bleilochsperre einschichten.

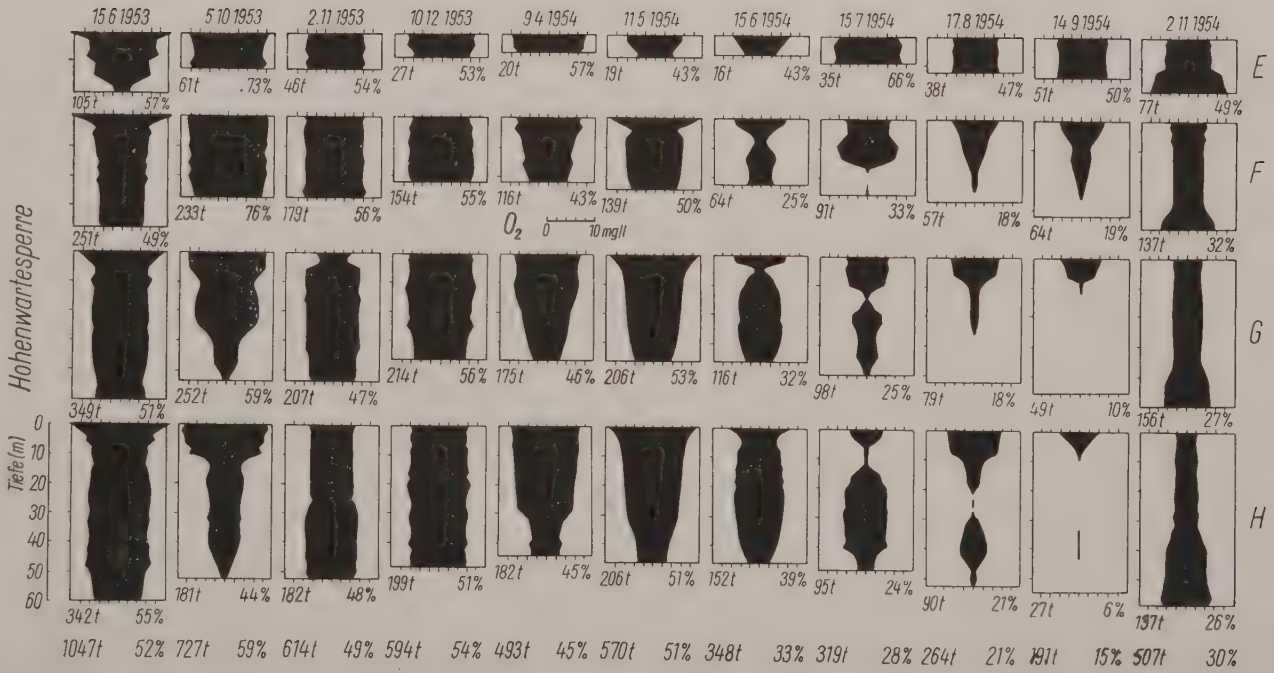


Abb. 19. Hohenwartesperre. Sauerstoffgehalt 1953/54 an den Hauptstationen.

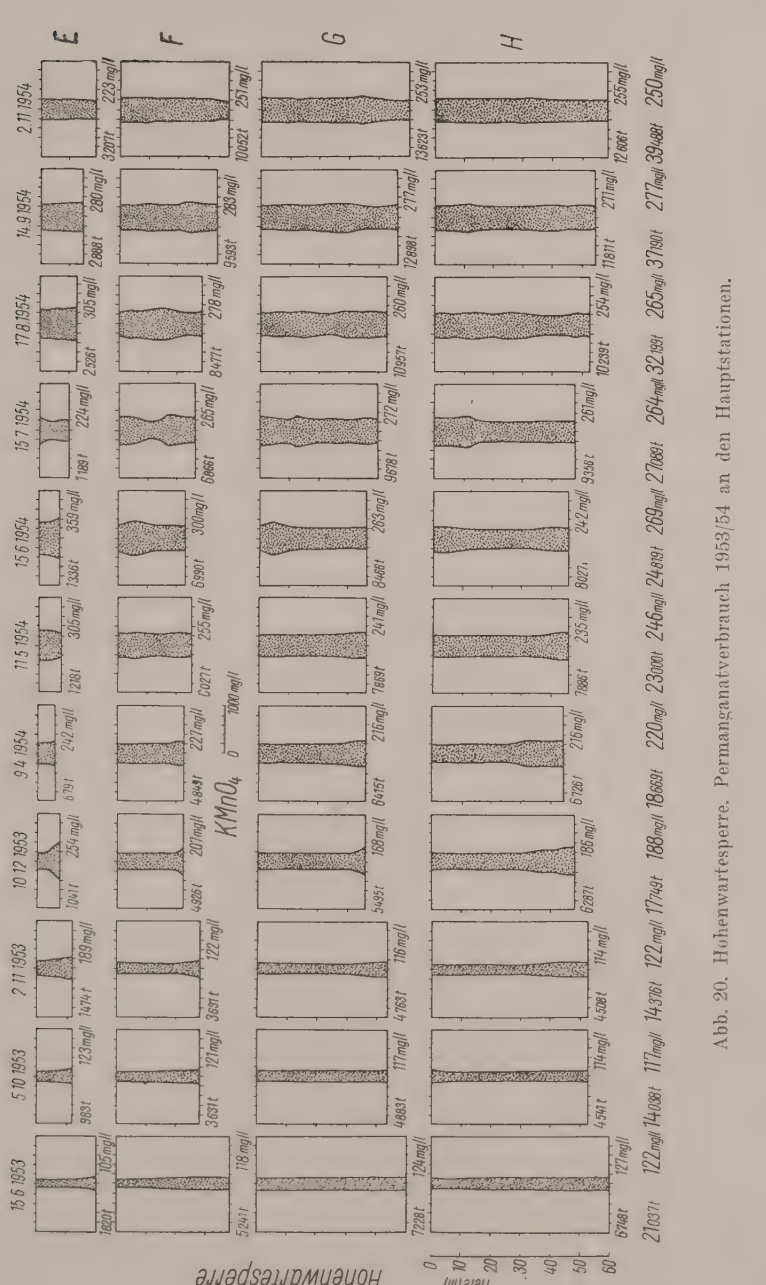


Abb. 20. Hohenwartesperre. Permanganatverbrauch 1953/54 an den Hauptstationen.

In Durchschnittsjahren liegt der O_2 in der Hohenwartesperre in den Wintermonaten offenbar deutlich unter dem Sättigungswert. Sein rechnerisches Mittel beträgt zu Beginn der Sommerstagnation etwa 60% der Sättigung. Während der Sommerstagnation erfolgt einerseits im Hypolimnion eine gewisse O_2-Zehrung wie in schwach bis mäßig eutrophen Seen; sie ist am stärksten in den unteren tiefen Abschnitten, obschon diese vom Ort der Zufuhr der O_2 zehrenden Stoffe am weitesten entfernt liegen. In diesen tieferen unteren Abschnitten sind aber offenbar aus der Zeit vor Eintritt der Stagnation etwas mehr O_2 zehrende Reststoffe zurückgeblieben (bei höheren Wassersäulen unter derselben Oberfläche) als in den oberen flacheren Abschnitten. Andererseits erfolgt während der sommerlichen Stagnation in den obersten Horizonten, die durch Konvektionsströmungen im Gasaustausch mit der Atmosphäre bleiben, ein weiterer Anstieg des O_2. So nehmen in Durchschnittsjahren für die Gesamtsperre die Sättigungsprozentsätze an O_2 bis zum Ende des hydrologischen Jahres zu.

Der PMV des Wassers der Hohenwartesperre ist in Durchschnittsjahren in der ersten Hälfte der Sommerstagnation in den unteren Abschnitten am höchsten, in der zweiten Hälfte jedoch in den oberen Abschnitten. Die Unterschiede sind bei dem hohen „Ballastwert" im PMV zwar nur gering, erscheinen aber trotzdem eindeutig. Infolge der hohen „Ballastwerte" sind aber in Durchschnittsjahren vertikale Schichtungsunterschiede im graphischen Bild nicht ausgeprägt.

Die Auswirkung der 15monatigen Defizitperiode des Zuflusses setzt für die Hohenwartesperre erst ein, wenn nach der Herbstvollzirkulation 1953 der PMV des Abflusses der Bleilochsperre auf ungewöhnlich hohe Werte ansteigt. Diese vermehrte Zufuhr von Stoffen mit PMV hält nicht nur bis zum Julihochwasser 1954 an, sondern verstärkt sich noch in den restlichen Monaten des hydrologischen Jahres 1954 mit der vermehrten Abführung des unverändert hochbelasteten hypolimnischen Wassers aus der Bleilochsperre. Die Defizitperiode des Zuflusses, die kalendermäßig von April 1953 bis Juni 1954 dauert, wirkt sich auf die Bleilochsperre nach dem Kalender aus, verlagert sich aber in hydrochemischer Hinsicht für die Hohenwartesperre auf den Zeitraum von der Herbstvollzirkulation 1953 bis zur Herbstvollzirkulation 1954. Die maximale Ansammlung von Stoffen mit PMV findet sich im hydrologischen Jahr 1954 erst am letzten Tage des Jahres, an dem der absolute Wert mit 39488 t $KMnO_4$ weit über dem Doppelten des Eingangstages (14376 t $KMnO_4$) liegt. Im Gegensatz zu einem Durchschnittsjahr erfolgt während der Sommerstagnation 1954 keine Zunahme des O_2, sondern eine sehr starke Zehrung in allen Abschnitten mit Ausnahme des obersten Abschnitts E, der den stets relativ O_2-reichen Zufluß aus der Flußstrecke um Walsburg empfängt. So kann bis zum Herbst (Mitte September 1954) wohl erstmalig in der Geschichte der Hohenwartesperre ein völliger O_2-Schwund in weiten Bereichen des Meta- und Hypolimnions der Hohenwartesperre beobachtet werden. Zu Reduktionserscheinungen und zum Auftreten von H_2S im freien Wasser oder im Sediment ist es aber offenbar nicht mehr gekommen. Während des ganzen hydrologischen Jahres 1954 sind ebenfalls erstmalig in der Hohenwartesperre klare vertikale Schichtungsunterschiede des PMV und metalimnischer O_2-Schwund am Ort der Einschichtung des Zuflusses zu beobachten. Durch die abnormen hydrologischen Verhältnisse des Jahres 1954 wurde die Hohenwartesperre in hydrochemischer Hinsicht schlagartig von einem wenig oder nur mäßig eutrophen in ein ausgesprochen eutrophes Gewässer verwandelt.

Die Einschichtung des Zuflusses war 1954 erstmalig auch in der Hohenwartesperre an den hydrochemischen Schichtungsbildern von O_2 und PMV eindeutig zu studieren. Sie ist im Prinzip dieselbe wie in der Bleilochsperre: Grundströmung (Kurzschluß-

strömung) während der Wintermonate, metalimnische Einschichtung und Ansammlung des belasteten Zuflusses in eng abgegrenzten Horizonten für die Dauer der Sommerstagnation. Infolge der vervielfachten Ansammlung von Stoffen mit PMV und der verstärkten O_2-Zehrung sind die Erscheinungen von ähnlicher Eindeutigkeit wie in der Bleilochsperre in Normaljahren.

In der bereits mehrfach erwähnten früheren Veröffentlichung (SCHRÄDER 1954) war auf Grund der hydrochemischen Untersuchungen während des hydrologischen Jahres 1951 eine zahlenmäßige Bilanz der Selbstreinigung in der Bleilochsperre für ein Normaljahr aufgestellt worden. Die Grundlage der Berechnung bildeten einmal die Durchschnittswerte des PMV im Zufluß und im Abfluß der Sperre, andererseits die Differenzen zwischen den Gesamt-PMV-Werten des Talsperreninhalts zu den einzelnen Terminen.

Die Abnahme des PMV der Wassermassen zwischen zwei Terminen erfolgt einerseits durch einfache Wegführung von Stoffen mit dem Abfluß, andererseits durch echte Vernichtung von Stoffen durch die Selbstreinigung. In der Bleilochsperre ergaben sich für einen Zeitabschnitt (zwischen zwei Terminuntersuchungen) im Jahre 1951 und für zwei Zeitabschnitte im Jahre 1954 negative Abbauwerte, also Zunahmen des PMV, die größer waren als die für dieselben Zeitabschnitte errechneten Zufuhren von Stoffen mit PMV durch den Zufluß. Diese Erscheinungen fielen klar mit den jeweiligen Maxima der organischen Belastung und der anaeroben Perioden zusammen. Die die rechnerische Zufuhr übersteigende Zunahme des PMV in diesen drei Zeitabschnitten wird daher nicht für einen methodisch bedingten Fehler gehalten, sondern für eine reale Erscheinung, die auf eine tatsächliche Neubildung von Stoffen mit PMV im Stausee selbst (vorwiegend H_2S aus mineralischen Schwefelverbindungen) zurückzuführen ist. In der früheren Publikation (SCHRÄDER 1954) war mit Rücksicht auf eine vereinfachte Darstellung der aus der Reihe fallende eine Zeitabschnitt mit dem benachbarten zusammengelegt worden, um diese eine Ausnahme des Jahres 1951 nicht in Erscheinung treten zu lassen.

Der BSB ist gerade bei Sulfitablaugen bzw. -schlempen keine einfache Funktion des PMV. Der Anteil von biochemisch angreifbaren Stoffen in der Gesamtmenge der vom PMV erfaßten Substanzen muß in der Bleilochsperre stets bedeutend größer sein als in der Hohenwartesperre. Die Hohenwartesperre empfängt ja nur die Reststoffe, deren Abbau in der Bleilochsperre nicht vollzogen wurde. Bei einem Vergleich von Zahlenwerten für den PMV muß dieser Wertunterschied, der dem PMV in den beiden Talsperren zukommt, stets beachtet werden.

Die Abbauleistung der Bleilochsperre ist für die beiden Jahre 1951 und 1954 in Tabelle 17 als jeweilige Jahresbilanz wiedergegeben. Die Zahlen für 1951 sind dabei,

Tabelle 17. Bleilochsperre. Jahresbilanzen der Selbstreinigung, ausgedrückt in t $KMnO_4$

	1951		1954	
Abnahme				
a) Abfluß	83421	152332	105057	171666
b) Abbau	68911		66609	
Differenz Anfangsbestand zu Endbestand				
a) Anfangsbestand	40892	+ 1814	62578	— 25351
b) Endbestand	42706		37227	
Zufluß		154146		146315

wie bereits erwähnt, gegenüber den früher (Schräder 1954) mitgeteilten Werten teilweise verbessert.

Trotz unterschiedlicher Belastung ist die Abbauleistung der Bleilochsperre im Normaljahr 1951 und im extrem abweichenden Jahre 1954 praktisch dieselbe. Diese Selbstreinigung macht jedoch einen sehr unterschiedlichen Anteil der Gesamtabnahme von Stoffen mit PMV aus: im Normaljahr 1951 sind es 45,4 %, im Jahre 1954 aber nur 38,8 %. Der Anteil der aus der Bleilochsperre lediglich weggeführten Stoffe mit PMV steigt im Jahre 1954 rechnerisch auf 125,9 % des Wertes des Normaljahres an. In diesen Zahlen kommt aber noch nicht zum Ausdruck, daß in dem erhöhten Wert für 1954 der Anteil der Stoffe, die noch einen BSB besitzen, vermutlich erheblich größer ist als in dem niedrigeren Wert des Normaljahres.

Der Jahresgang der Abnahme des PMV in der Bleilochsperre in den beiden Jahren 1951 und 1954 ist in Abb. 21 graphisch wiedergegeben. Die Darstellung zeigt die Ganglinien der durchschnittlichen Tageswerte des Abflusses (einfache Wegführung der Stoffe aus der Sperre), des Abbaues (echte Beseitigung der Stoffe in der Sperre) und der Gesamtabnahme als Summe der beiden Teilwerte. Die Tageswerte sind in den einzelnen Phasen des hydrologischen Jahres auch im Normaljahr 1951 sehr unterschiedlich. Bei der sehr starken Überbelastung der Bleilochsperre mit fäulnisfähigen Stoffen ist der begrenzende Faktor für den Abbau nicht die Temperatur, sondern der O_2-Gehalt; die Abbauprozesse werden abgebremst, sobald der O_2 in den betreffenden Horizonten unter einen Mindestwert absinkt, und schlagen sogar in den gegenläufigen Prozeß der Neubildung von Stoffen mit PMV um, sobald völlig anaerobe Verhältnisse eintreten. Im Normaljahr werden daher die höchsten täglichen Abbauleistungen im Winterhalbjahr erreicht, und zwar während der Herbstvollzirkulation und während der Frühjahrsvollzirkulation. In der Sommerstagnation sinken die Tageswerte dann stark ab und werden in der zweiten Hälfte der Stagnationsperiode sogar negativ (das erneute Maximum Anfang August 1951 ist eine Unregelmäßigkeit des „Normaljahres" und eine Folge eines kleinen Sommerhochwassers). Im extrem abweichenden hydrologischen Jahr 1954 ist die tägliche Abbauleistung in der Bleilochsperre zur Zeit der Herbstvollzirkulation infolge der

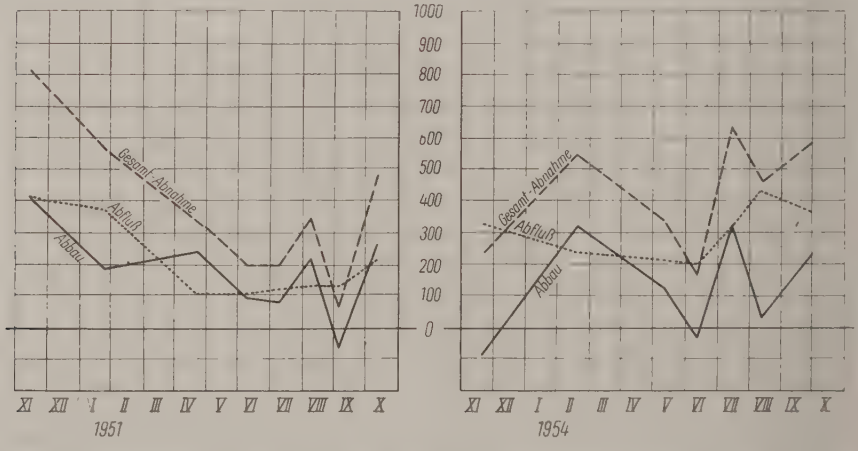


Abb. 21. Bleilochsperre. Gang der Abnahme des Permanganatverbrauchs (t $KMnO_4$ je Tag) 1951 und 1954.

anaeroben Bedingungen sogar negativ. Ein erstes Maximum findet sich erst im Februar, dem nach Eintritt der Stagnationsperiode ein Absinken auf negative Werte bis Ende Juni folgt. Der starke Hochwassereinbruch im Juli bewirkt ein sprunghaftes Ansteigen der Abbauleistung auf den Höchstwert des hydrologischen Jahres (319 t $KMnO_4$ Abbauleistung am Tage). Die Abbauleistung sinkt aber dann wieder stark ab: In den aerob gewordenen Schichten ist der Abbau offenbar weitgehend vollzogen, und das Hypolimnion ist noch nicht erfaßt worden. Erst mit einsetzender Herbstzirkulation gelangen die noch im Hypolimnion verbliebenen Stoffe allmählich unter aerobe Bedingungen, und die Abbauprozesse können höhere Werte annehmen.

Die Abbauleistung der Hohenwartesperre ist in Tabelle 18 wiedergegeben. Außer den Bilanzzahlen für das ganze hydrologische Jahr 1954 sind im unteren Teil der Tabelle gesondert die Teilbilanzen für die Zeitabschnitte vom 15. Juni bis 1. November der beiden Jahre 1953 und 1954 gegenübergestellt, von denen 1953 für die Hohenwartesperre als „normal", 1954 dagegen als extrem abweichend zu kennzeichnen waren. Der Gang der Abnahme des PMV ist für die Hohenwartesperre in Abb. 22 graphisch wiedergegeben.

Tabelle 18. Hohenwartesperre. Bilanzen der Selbstreinigung, ausgedrückt in t $KMnO_4$

A. Hydrologisches Jahr 1954

Abnahme		
a) Abfluß	70621	97564
b) Abbau	26943	
Differenz Anfangsbestand zu Endbestand		
a) Anfangsbestand	14376	+ 25112
b) Endbestand	39488	
Zufluß		122676

B. Zeitabschnitte vom 15. Juni bis 1. November

	1953		1954	
Abnahme				
a) Abfluß	20346	23739	32023	47927
b) Abbau	3393		15904	
Differenz Anfangsbestand zu Endbestand				
a) Anfangsbestand	21037	— 6661	24819	+ 14669
b) Endbestand	14376		39488	
Zufluß		17078		62596

Die Abbauleistung der Hohenwartesperre beträgt im ganzen hydrologischen Jahr 1954 27,6% der Gesamtabnahme der Stoffe mit PMV. Diese Abbauleistung dürfte den wesentlichsten Teil der im PMV erfaßten Stoffe, soweit sie einen BSB besitzen, mineralisiert haben; erst zum Ende der Sommerstagnation 1954 hin ist die Abbauleistung abgebremst worden, als die metalimnischen und später auch weite hypolimnische Schichten anaerob wurden. Sehr aufschlußreich ist der Vergleich der Abbauleistung für den 140tägigen Zeitraum vom 15. Juni bis 1. November der beiden Vergleichsjahre. 1953 beträgt der Selbstreinigungseffekt dieser Periode 3393 t $KMnO_4$ = 14,3% der gleichzeitigen Gesamtabnahme des PMV, 1954 dagegen

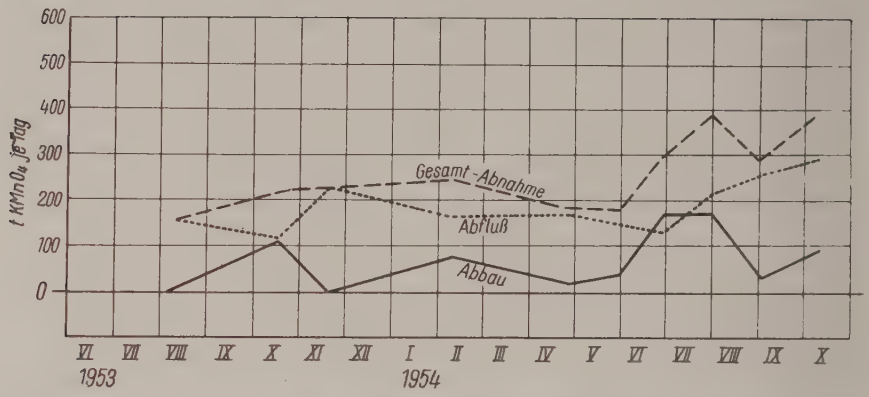


Abb. 22. Hohenwartesperre. Gang der Abnahme des Permanganatverbrauchs (t $KMnO_4$ je Tag) 1953/54.

15904 t $KMnO_4$ = 33,2% der gleichzeitigen Gesamtabnahme des PMV. Im Juni bis August 1954 zeigt die Hohenwartesperre tägliche Abbauleistungen im PMV-Wert von 169 und 170 t $KMnO_4$.

Die zulässige Inanspruchnahme der Selbstreinigungskraft beider Saaletalsperren dürfte bei einer Abbauleistung von je höchstens 20000 t $KMnO_4$ im Jahre liegen. Eine darüber hinausgehende Belastung führt zwar in der Jahresbilanz zu noch höheren Abbauleistungen, ist jedoch mit Mißständen verbunden, die eine Nutzung der Gewässer für andere normale und volkswirtschaftlich wichtige Zwecke einschränken oder ausschließen. Im Jahre 1954 war auch in der Hohenwartesperre die zulässige Inanspruchnahme bereits deutlich überschritten, da in weiten Bezirken der O_2 unter den Mindestwert abgesunken war, der für einen ungehemmten Ablauf der Biooxydation erforderlich ist. Die vielfache Überbeanspruchung der Bleilochsperre auch in Normaljahren geht eindeutig aus den Bilanzwerten der Selbstreinigung hervor.

HYDROBIOLOGISCHER TEIL

A. Vorbemerkungen

Die hydrochemischen Untersuchungen in den Saaletalsperren hatten auf Vollanalysen und die Anwendung vieler Untersuchungsverfahren bewußt verzichtet und sich auf die zwei Messungen des molekular gelösten Sauerstoffs und des Permanganatverbrauchs beschränkt. Nur so war es möglich gewesen, diese im vorliegenden Fall besonders aufschlußreichen Analysen an möglichst vielen Proben aus allen Horizonten und an zahlreichen Terminen durchzuführen und damit ein abgerundetes Bild der speziellen hydrochemischen Verhältnisse zu gewinnen, die für das vorliegende Hauptthema am wichtigsten sind. Dieselbe Beschränkung war von vornherein auch für den hydrobiologischen Teil der vorliegenden Untersuchungen notwendig. Es war keineswegs beabsichtigt, etwa vollständige Floren- und Faunenlisten aufzustellen oder die Vertikalverteilung und die Vertikalwanderungen des Planktons zu studieren. Die Aufgabe bestand vielmehr einmal in der Ermittlung grundsätzlicher Unterschiede in der Besiedlung der beiden Großstaubecken im Zusammenhang mit ihren unterschiedlichen hydrochemischen Umweltbedingungen und zweitens in der Feststellung der biologischen Veränderungen, die als Folge der 15monatigen Niedrigwasserperiode 1953/54 bei der vermehrten Belastung der Bleilochsperre und der verstärkten Eutrophierung der Hohenwartesperre eingetreten sein mußten.

Von den Lebensgemeinschaften der Talsperren sollten sowohl das Plankton wie das Benthos berücksichtigt werden. Die Plankter reagieren wegen ihrer geringen Körpergröße und ihrer relativ raschen Vermehrung und Generationenfolge sehr schnell auf Veränderungen ihres Milieus, des Pelagials. Sie erschienen daher als die geeigneten Indikatoren für die Erfassung auch kurzfristiger Veränderungen im freien Wasser. Die makroskopischen Tiere des Bodens dagegen reagieren langsamer auf Veränderungen ihres Milieus und gestatten daher, grundsätzliche und langfristige Veränderungen ihrer Umwelt festzuhalten.

Wegen des Umfangs der hydrochemischen Probenentnahme stand bei den Terminuntersuchungen nur eine beschränkte Zeit für die Gewinnung biologischer Proben zur Verfügung. Zur Entnahme exakt quantitativer Proben des Planktons reichte sie nicht aus; es wurden daher „vergleichbar quantitative" Netzzüge durchgeführt, die zwar nicht die Angabe der Individuenzahl im Liter gestatten, aber doch Vergleiche untereinander und auch die Angabe relativer Häufigkeitsstufen der einzelnen Formen zulassen. Die Notwendigkeit, infolge der mit Vorrang zu bearbeitenden hydrochemischen Proben, deren Analyse nicht aufgeschoben werden durfte, das biologische Material grundsätzlich zu konservieren, um es dann später im Laboratorium auszuwerten, führte zu gewissen Nachteilen. Manche Formen sind im fixierten Zustand schwer oder gar nicht mehr zu bestimmen, wie die meisten Phytoplankter und auch viele illoricate Rotatorien.

Bei der Untersuchung des Benthos kam es stärker als beim Plankton auf eine exakt quantitative Erfassung an. Für die Hohenwartesperre z. B. stand zu erwarten, daß als Folge der Eutrophierung außer einem Wechsel in der Zusammensetzung des Benthos bei bestimmten Formen auch eine Änderung in der Anzahl der Individuen je Flächeneinheit eintreten würde. Die Proben der Bodentierwelt wurden daher grundsätzlich quantitativ mit Hilfe eines Bodengreifers nach Birge-Ekman entnommen.

Sicherlich wäre es auch wertvoll gewesen, die Protozoen, speziell die Faulschlammciliaten, in die Untersuchung einzubeziehen, um Vergleiche mit den Ergebnissen von Liebmann (1938) aus der Bleilochsperre ziehen zu können. Auf die Protozoen wurde aber aus zwei Gründen ganz verzichtet. Einmal wäre es hier unbedingt erforderlich gewesen, das Material ausschließlich lebend zu untersuchen. Dazu hätte ein geeignetes Laboratorium an den Talsperren eingerichtet werden und außerdem auf einen erheblichen Teil des übrigen Arbeitsprogramms verzichtet werden müssen. Zweitens war es aber ganz fraglich, ob die Protozoen überhaupt geeignet gewesen wären, speziell für die Hohenwartesperre ausreichendes und geeignetes Material für die Beurteilung der im Vordergrund stehenden Fragen zu liefern. Diese Talsperre war damals erst 11 bis 12 Jahre alt und besaß — mit Ausnahme des alten Flußbettes — erst geringe Sedimente von vorwiegend mineralischer Beschaffenheit. Als Vertreter derjenigen Organismen, die eine schnelle Reaktion auf Änderungen ihres Milieus zeigen, waren daher die Plankter den Protozoen des Bodensediments gegenüber entschieden vorzuziehen. Bei ihnen waren mit Sicherheit Aussagen zu den Hauptthemen dieser Arbeit zu erwarten, sie waren leichter zu erfassen, und schließlich waren sie in konserviertem Zustand noch befriedigend zu bearbeiten, zumal keine floristische oder faunistische Vollständigkeit angestrebt werden mußte. Für Plankton und Benthos sind auch Vergleiche mit früheren Untersuchungen von Wundsch (1949) in beiden Saaletalsperren möglich.

Nahrung und Wachstum einiger Fischarten in der Bleilochsperre wurden seinerzeit auf meine Anregung in einer Diplomarbeit am Zoologischen Institut der Friedrich-Schiller-Universität in Jena bearbeitet (Amlacher 1952, Manuskript). Weiteres Material zu dieser Spezialfrage, das ich gelegentlich von Fischzügen in beiden Sperren sammelte, habe ich den Herren Dr. Amlacher und Dr. Tesch überlassen;

es wird zur Zeit von ihnen für eine Publikation ausgewertet. Im Rahmen dieser Arbeit werden einige Angaben über Fischsterben im Zusammenhang mit der hydrochemischen Situation und statistische Übersichten über die Entwicklung der Fischerträge und ihre Zusammensetzung gebracht, da aus ihnen auch Hinweise auf die unterschiedliche Resistenz der Hauptfischarten gegenüber der Verschlechterung der Umweltbedingungen zu entnehmen sind.

B. Das Plankton der Saaletalsperren

1. Spezielle Methodik, Verzeichnis der Abkürzungen

Die Auszählung der konservierten Planktonproben erfolgte im Laboratorium unter dem Mikroskop und mit Hilfe eines Kreuztisches. Aus jeder Probe wurden einige hundert bis etwa 1000 Individuen (Zooplankter) gezählt, bis der Anteil der einzelnen Arten ausreichend gesichert erschien, und dann der Prozentsatz jeder Species errechnet. In den Planktontabellen ist aber nicht diese Prozentzahl angegeben, da es sich ja nicht um exakt quantitative Proben handelt, sondern ein bestimmter Häufigkeitsgrad, der durch eine Ziffer ausgedrückt wird. Die gewählten Zeichen bedeuten etwa:

. nicht vorhanden
1 vereinzelt
2 vorhanden
3 mehrfach
4 zahlreich
5 massenhaft

Die Wahl der Häufigkeitsziffer erfolgte nicht nur nach dem Prozentsatz der Species, sondern es wurde auch die Gesamtmenge des sedimentierten Zooplanktons der betreffenden Probe berücksichtigt. Die Gesichtspunkte, unter denen die Häufigkeitsziffer gewählt wurde, gehen aus Tabelle 19 hervor.

Tabelle 19. Die Häufigkeitsziffern der Planktontabellen, ihre Beziehungen zum Gesamtsediment der Probe an Zooplankton und zum prozentualen Anteil der Species

Häufigkeitsziffer *h*	Sediment an Zooplankton (cm³)				
	unter 1	etwa 1	2 bis 3	4 bis 10	über 10
1	unter 2%	unter 1%	unter 0,5%	unter 0,2%	unter 0,1%
2	über 2 bis 10%	über 1 bis 5%	über 0,5 bis 2%	über 0,2 bis 1%	über 0,1 bis 0,5%
3	über 10 bis 30%	über 5 bis 20%	über 2 bis 10%	über 1 bis 5%	über 0,5 bis 2%
4	über 30 bis 65%	über 20 bis 50%	über 10 bis 30%	über 5 bis 20%	über 2 bis 10%
5	über 65%	über 50%	über 30%	über 20%	über 10%

In den Fällen, in denen gleichzeitig eine Netzplankton- und eine Siebdredschenprobe geschöpft wurde, wurde die Siebdredschenprobe zur Erfassung der gröberen Formen (speziell Entomostraca) ergänzend herangezogen; in den Tabellen sind die betreffenden Proben zusammengefaßt.

Die Bestimmung der Copepoden geschah nach einer neuen Arbeitsmethode, die es gestattet, auf einfache Weise ohne Präparation Totalpräparate herzustellen, bei denen die systematisch wichtigen Merkmale (speziell 5. Beinpaar) sichtbar sind. Über dieses Verfahren habe ich an anderer Stelle berichtet (Schräder 1956d).

In den Planktontabellen und weitgehend auch im Text wird eine Reihe von Abkürzungen benutzt, die in der folgenden Übersicht zusammengestellt sind.

1. Bezeichnung der Gewässer:

BlSp	Bleilochsperre
ABB	Ausgleichsbecken Burgk
ABW	Ausgleichsbecken Wisenta
HwSp	Hohenwartesperre
ABE	Ausgleichsbecken Eichicht

2. Bezeichnung der Stationen der Probenentnahme (vgl. auch Abb. 3 und Tabelle 2):

A	BlSp, Höhe Saaldorf (Station 10)
B	BlSp, Höhe Totenfels (Station 13)
C	BlSp, Höhe Saalburg (Station 16)
D	BlSp, oberhalb Sperrmauer (Station 18)
E	HwSp, Höhe Linkenmühle (Station 35)
F	HwSp, Höhe Hopfenmühle (Station 38)
G	HwSp, Höhe Saaltal (Station 41)
H	HwSp, oberhalb Sperrmauer (Station 43)
Con	HwSp, Höhe Conrod-Kraftwerk (Station 54)
Grz	HwSp, Höhe Grätz (Station 40)
Har	BlSp, Höhe Harra (Station 7)
Otb	HwSp, Höhe Otterbach (Station 33)
Prw	HwSp, Höhe Preßwitz (im mittleren Abschnitt H)
WeB	BlSp, Wettera-Bucht (Seitenarm, Abschnitt D)

3. Bezeichnung der Planktonproben:

BP und laufende Nummer 1 bis 36: Planktonprobe aus der BlSp
HP und laufende Nummer 1 bis 60: Planktonprobe aus der HwSp
Doppelnummern: Netzplanktonprobe, ergänzt durch gleichzeitige Siebdredschenprobe

4. Bezeichnung der Einordnung in das Saprobiensystem:

p	polysaprob
a	alpha-mesosaprob
b	beta-mesosaprob
o	oligosaprob
s	Saprobienstufe (*p* bis *o*)
S	Saprobienindex („gewogenes Mittel der Saprobienindices" nach PANTLE)
h	Häufigkeitsziffer (1 bis 5, vgl. Tabelle 19).

2. *Einige Bemerkungen über das Phytoplankton*

Der arten- und mengenmäßig in der Regel bedeutendste Anteil des Phytoplanktons das Nannoplankton, wurde bei der angewandten Art und Weise der Probenentnahme gar nicht erfaßt. Der gröbere Anteil, der von den Maschen eines Planktonnetzes zurückgehalten wird, war innerhalb des gesamten Netzplanktons meist auffallend gering. In der Regel dominierte in den Proben das Zooplankton derartig, daß ihm gegenüber das Phytoplankton völlig zurücktrat oder überhaupt nicht bemerkt wurde. Nur in einzelnen Fällen waren zu gewissen Zeiten oder an bestimmten Stellen der Talsperren stärkeres Auftreten oder gar Massenentwicklungen von Phytoplanktern festzustellen.

Daß Massenentwicklungen von pflanzlichem Plankton, die mit der Erscheinung der „Wasserblüte" in natürlichen Seen verglichen werden könnten, in Talsperren der Mittelgebirge selten auftreten, ist eine schon mehrfach in der Literatur erwähnte auffällige Tatsache. GESSNER (1929) betont das „krasse Mißverhältnis" zwischen Phyto- und Zooplankton in den Talsperren des Isergebirges; WUNDSCH (1949) stellt speziell auch für die mitteldeutschen Großstaubecken die relativ geringe Entwick-

lung des (gröberen) Phytoplanktons fest. Bisher sind weder die Ursachen dieser Erscheinung befriedigend erklärt worden, noch ist die Frage beantwortet, wovon sich denn das oft massenhaft entwickelte Zooplankton nun tatsächlich ernährt, wenn wirklich keine entsprechenden Mengen von Phytoplankton vorhanden sind. An Erklärungsversuchen hat es natürlich nicht gefehlt (auch die Pütterssche Theorie der Ernährung des Zooplanktons auch von gelösten organischen Stoffen taucht in der Diskussion auf), aber unmittelbare Beweise stehen noch aus.

Wundsch (1949) glaubte annehmen zu dürfen, daß die „ständige Absaugung des Oberflächenwassers vermittels der Grundablässe" die natürliche Schichtung während der Sommerstagnation weitgehend zerstöre und daß die an der Stelle des Epilimnions natürlicher Seen vorhandenen Wassermassen „niemals zur Ruhe" kämen. Nach seiner Ansicht würde also das Fehlen einer eigentlichen Stagnation besonders in den Großstaubecken vom Rinnenseetypus diesen „bemerkenswerten Mangel an pflanzlichem Plankton" bedingen. Diesem Deutungsversuch von Wundsch liegt die Ansicht Thienemanns (1911) zugrunde, daß die Talsperren einen in thermischer Hinsicht grundsätzlich abweichenden Schichtungstyp darstellen. Nun ist diese Ansicht Thienemanns gerade für die Großstaubecken nicht haltbar, wie im hydrographischen Teil der vorliegenden Arbeit nachgewiesen wurde. Die trophogenen oberflächlichen Horizonte werden in Großstaubecken weder vom Zufluß berührt, der sich ins Metalimnion einschichtet, noch aus dem Stausee abgezogen, da der Abfluß bei ungestörter horizontaler Schichtung der Wassermassen ausschließlich aus dem Hypolimnion erfolgt. Das Epilimnion (im Falle des dreistöckigen Schichtungsaufbaues; Bleilochsperre im Normaljahr) bzw. die obersten Horizonte der Oberflächensprungschicht (zweistöckiger Schichtungsaufbau; Regelfall der Hohenwartesperre) sind also gerade in den Großstaubecken vom Rinnenseetypus gegenüber dem Epilimnion natürlicher Seen mit entsprechendem Durchstrom besonders ungestört. Dem Erklärungsversuch von Wundsch mangeln daher die Voraussetzungen.

Gessner (1929) und Wundsch (1949) vermuten, daß in Talsperren die Zooplankter stärker als in natürlichen Seen auf den relativ reicheren Gehalt des Wassers an Feindetritus zurückgreifen werden, der sowohl aus den Zuflüssen wie aus der Zersetzung und Ausspülung des Untergrundes der Sperren selbst stammt. Wundsch weist darauf hin, daß die Zuflüsse der Großstaubecken gewöhnlich ein größeres Einzugsgebiet besitzen und den Charakter von Flüssen der Barbenregion haben. Es bilden sich also Verhältnisse, die „weitgehend den Frühjahrsüberschwemmungsflächen an Flußseen entsprechen", wo ebenfalls „das pflanzliche Plankton ganz zurücktritt und durch organischen Feindetritus ersetzt wird, der aus der Zersetzung und Ausspülung des Untergrundes herstammt" (Wundsch 1949). Das Fehlen eines echten Litorals mit seinen Gürteln von emersen und submersen höheren Pflanzen ist ja ein charakteristisches Kennzeichen der Talsperren gegenüber natürlichen Seen; das „Litoral" der Talsperren kann tatsächlich weitgehend mit den Überschwemmungsflächen von Seen verglichen werden.

Wundsch macht auch darauf aufmerksam, daß infolge des höheren Gehaltes an Feindetritus auch die nicht verunreinigten Großstaubecken vielfach nur Sichttiefen von 0,50 bis 1 m aufweisen. Das bedeutet eine starke Verschlechterung des Lichtklimas des Wassers, die sich auf die Entwicklung des Phytoplanktons auswirken muß. Für die beiden Saaletalsperren käme noch der Umstand hinzu, daß neben der Trübung durch schwebenden Feindetritus auch die Färbung des Wassers durch die Sulfitablaugen und ihre Reststoffe verändert ist. Das Wasser beider Saaletalsperren ist ausgesprochen braun und erinnert an die Humusfarbe dystropher Moorseen. Diese Färbung absorbiert in den oberen Schichten gerade diejenigen Teile

des Spektrums, die für die Assimilation der meisten Phytoplankter die größte Bedeutung haben. Vielleicht bilden diese Lichtverhältnisse, Trübung und bei den Saaletalsperren noch hinzutretende Braunfärbung des Wassers, den Hauptgrund für die Nichtentwicklung eines typischen pflanzlichen Seenplanktons. Es ist aber wohl notwendig, die bisher etwas vernachlässigte Frage des Vorhandenseins oder Fehlens eines Nannoplanktons zunächst durch geeignete quantitative Untersuchungen endgültig zu klären. Erst wenn eindeutig nachgewiesen ist, daß auch das Nannoplankton in den Talsperren in demselben Umfang fehlt wie das gröbere pflanzliche Netzplankton, daß also kein nur scheinbarer Mangel an Phytoplankton überhaupt vorliegt, dürfte die Zeit für einen Versuch der Erklärung dieser Erscheinung gekommen sein.

Da die Phytoplankter zunächst nicht geeignet sind, wesentliche Aufschlüsse zum Hauptthema der vorliegenden Arbeit zu geben, ist es kein grundsätzlicher Mangel, wenn sich die folgenden Ausführungen dieses Abschnittes auf einige besondere Beobachtungen beschränken. Von Bedeutung sind nur Hinweise auf die gelegentlich doch auftretenden stärkeren oder Massenentwicklungen einzelner Formen zu gewissen Zeiten oder an bestimmten Stellen. Diese Hinweise machen keinen Anspruch auf Vollständigkeit, und auf eine Auswertung der Befunde wird verzichtet. Das eigentliche Material zum Hauptthema der vorliegenden Arbeit kann erst das Zooplankton liefern, das in den Saaletalsperren praktisch von Rotatorien und Entomostracen repräsentiert wird. Die Bemerkungen zum Phytoplankton sind nach größeren systematischen Gruppen geordnet.

Cyanophyceae

Wundsch (1949) berichtet über je eine Planktonuntersuchung in den beiden Saaletalsperren im Juli 1943. Er fand in der BlSp am 6. Juli bei Saaldorf, nicht aber bei Saalburg, in größeren Mengen *Anabaena* und in geringerem Umfang *Microcystis*, in der HwSp am 23. Juli jedoch eine ausgesprochene Cyanophyceen-Wasserblüte, gebildet durch *Aphanizomenon* (1800 im cm^3), *Anabaena* (720 im cm^3) und *Microcystis*.

Microcystis fiel bei den eigenen Untersuchungen in der BlSp nur im Normaljahr 1951 auf. Die Alge war bei D in den Proben vom Juli bis September vertreten; Höhepunkt der Entwicklung offenbar August. Außer an der Station D selbst trat *M.* in geringem Umfang nur noch in einer einzelnen Probe aus der Wetterabucht (20. September 1951) auf, die zum Abschnitt D rechnet. 1954 wurde *M.* nicht beobachtet.

In der HwSp war *M.* in den stichprobenartigen Planktonproben (Otb und H) von Juli und August 1951 und 1952 stets vertreten, jedoch nur in geringen Mengen. In der Reihe der regelmäßigen Terminproben 1953/54 fand sich *M.* nur am 6. Oktober 1953 im unteren Teil der Sperre (Grz und H) und am 14. September 1954 in der oberen Hälfte (E und F) in geringen Mengen.

Anabaena war in der BlSp 1951 nur im August und September im unteren Teil des Stausees anzutreffen; 1954 fehlte sie ebenso wie *Microcystis*.

In der HwSp war bei den Stichproben in den Sommermonaten 1951 und 1952 *A.* ebenso regelmäßig anzutreffen wie *Microcystis*. Auch 1953/54 trat *A.* häufiger auf: 6. Oktober 1953 zahlreich bei H, ab Juni 1954 regelmäßig, aber stets nur in bescheidenen Mengen, zunächst im unteren Teil (G und H), im August auch bei F und E und im September noch vereinzelt bei E, F und G.

Gegenüber den Stichproben von Wundsch aus dem Jahre 1943 kann zum mindesten für die HwSp ein Rückgang der Wasserblüten bildenden Cyanophyceen an-

genommen werden. Im Saprobiensystem gelten die drei erwähnten Genera mit fast allen Species als Vertreter der Stufe *b*, das heißt des mäßig verunreinigten Wassers. Das völlige Verschwinden von *Microcystis* und *Anabaena* aus der BlSp im Jahre 1954 kann auf die zu starke organische Belastung während dieses Jahres zurückgeführt werden.

Was das von Wundsch beobachtete Massenauftreten von Cyanophyceen in der HwSp im Jahre 1943 betrifft, so vermutet Wundsch selbst sicherlich mit Recht, daß die HwSp, die damals mit ihrer Cyanophyceen-Wasserblüte das Bild eines größeren natürlichen Sees vom eutrophen Typ zeigte, 1943 unter dem Einfluß einer Wasserdüngung infolge der Auslaugung der noch frisch überstauten Humusschichten stand (die Sperre war im Jahre vorher erstmalig angestaut worden). Welchen Einfluß diese Auslaugung in den ersten Jahren nach dem Anstau auf die hydrochemischen Verhältnisse einer Talsperre haben kann, wissen wir aus den Untersuchungen von Minder (1939) im Wäggitalersee. Der 1943 von Wundsch festgestellte „eutrophe" Charakter der HwSp war zweifellos zunächst nur ein vorübergehender Zustand. Die Frage des Trophiegrades der HwSp in den Jahren vom ersten Anstau bis 1953 wird im Abschnitt über die makroskopische Besiedlung des Benthals noch ausführlich diskutiert werden.

Flagellatae

Unter den Chrysomonadinae befinden sich zwei der wenigen Phytoplankter, die zeitweise in Massenentwicklung in einer der beiden Saaletalsperren beobachtet wurden.

Mallomonas wurde in der BlSp bei je einer Terminuntersuchung 1951 und 1954 festgestellt. Am 22. August 1951 lag eine Massenentwicklung bei D vor (an den anderen Stationen wurden damals keine Proben geschöpft). 1954 trat *M.* am 28. Juli bei B und C auf, jedoch nur in geringen Mengen. Wundsch hatte *M.* am 6. Juli 1943 in seinen beiden Proben festgestellt, in größeren Mengen bei Saalburg und weniger häufig bei Saaldorf.

In der HwSp war *M.* 1951 im Juli und August massenhaft vertreten (Proben nur bei H). 1952 wiederum in Massenentwicklung beobachtet, diesmal im obersten Abschnitt bei Otb. In der regelmäßigen Reihe bei den Terminuntersuchungen 1953/54 trat *M.* erstmalig am 13. und 14. Juli 1954 in Erscheinung: Massenentwicklung bei H, häufig bei G und in geringer Menge oberhalb E. Am 17. August 1954 war *M.* weniger häufig (E, F, H), jedoch am 14. September wieder in ausgesprochener Massenentwicklung an allen vier Stationen E bis H. Wundsch hatte 1943 *M.* in der HwSp nicht bemerkt.

Die *Mallomonas*-Arten sind typische Sommerformen im Plankton stehender Gewässer und gelten in den Saprobiensystemen (Kolkwitz 1950, Liebmann 1951) als Leitformen der *o*-Zone, das heißt des kaum verunreinigten Wassers. Das Auftreten dieser Alge in den Saaletalsperren ist also besonders interessant. In der BlSp liegt der Ort des Auftretens 1951 an der Stelle der relativ besten Wasserbeschaffenheit: Im unteren Teil der Sperre hatten die obersten Horizonte des Epilimnions noch ausreichend O_2 (3,9 bis 4,2 mg/l O_2), und der für die BlSp niedrige PMV-Wert (217 bis 224 mg/l $KMnO_4$) deutet auf einen weitgehend erfolgten Abbau der Sulfitablaugen bis auf die Reststoffe ohne BSB hin. Die Zeit des Auftretens 1954 fällt mit der schlagartigen Verbesserung der Wasserbeschaffenheit in den oberen Horizonten nach dem Hochwassereinbruch zusammen. In der HwSp waren die oberen Horizonte, aus denen alle Planktonfänge stammen, auch im Jahre der extremen Belastung 1954 stets ausreichend aerob. Die Beobachtungen in den Saaletalsperren scheinen darauf

hinzudeuten, daß *Mallomonas* zwar einen Mindest-O_2-Gehalt von vielleicht 4 mg/l O_2 verlangt, jedoch gerade bei gleichzeitiger „Düngung" wenigstens mit Reststoffen von Sulfitablaugen mit einer Massenentwicklung reagiert. Die Eignung von *Mallomonas* als Leitform für die *o*-Zone des Saprobiensystems scheint mir nicht ohne eine gewisse Einschränkung gegeben zu sein.

Synura uvella ist die zweite Chrysomonadine mit zeitweiliger Massenentwicklung. In der BlSp fiel *S.* 1951 nicht auf. 1954 war sie jedoch an allen vier Stationen vorhanden: Bei geringen O_2-Werten bei A zahlreich, bei B in Massenentwicklung und auch an den schon wieder bis zur Wasseroberfläche anaeroben Stationen C und D in einzelnen Kolonien. Auf den Hochwassereinbruch 1954 reagierte *S.* mit sofortiger Massenentwicklung an den drei oberen Stationen A, B und C.

In der HwSp wurde *S.* 1951 und 1952 nicht beobachtet. 1954 wurde *S.* festgestellt: am 9. April bei E und am 11. Mai bei F, also nur im oberen Teil der Sperre, der als erster die Reststoffe aus der BlSp zugeführt erhält.

Wundsch erwähnt *Synura* aus beiden Talsperren nicht. In allen Saprobiensystemen gilt diese charakteristische koloniebildende Chrysomonadine als Leitform für die *b*-Zone; Liebmann (1951) erwähnt ausdrücklich ihr Vorkommen in Talsperren und bezeichnet die Species als typisch für die Zone abklingender Selbstreinigung. Die eigenen Beobachtungen stimmen mit dieser Charakteristik gut überein.

Dinobryon wurde im ABW in der einzigen dort geschöpften Planktonprobe (23. August 1951) beobachtet. In der BlSp war *D.* 1954 zunächst mehrfach am 29. April bei B, nach dem Julihochwasser am 28. Juli vereinzelt wieder bei B und bei C angetroffen worden. In der HwSp ist *D.* nicht aufgefallen. Wundsch führt *D.* für beide Sperren nicht an. Wegen ihres sporadischen Auftretens hat *D.* für die Saaletalsperren keinen indikatorischen Wert.

Ceratium als Vertreter der Dinomonadinae wurde in der BlSp 1951 vereinzelt (D) im August und September festgestellt, 1954 aber nicht wieder beobachtet. Wundsch erwähnt *C.* aus der BlSp nicht. In der HwSp, für die auch Wundsch *C.* vom 22. Juli 1943 mit 2 i/cm³ meldet, trat *Ceratium* regelmäßig auf. 1951 war die Form im Juli bei H und im August im ABE vertreten. 1952 zeigte sie Massenentwicklung in den beiden damals entnommenen Proben bei Otb und H. In der regelmäßigen Reihe der Planktonproben 1953/54 war *C.* in zahlreichen Fällen festzustellen, jedoch in der Regel nur vereinzelt; lediglich am 15. Juni 1954 war *C.* bei G etwas häufiger. Für eine Bewertung der Form als Indikator der Saprobienstufe reichen die Beobachtungen nicht aus.

Chlorophyceae

Für die Grünalgen sind nur wenige und sehr unvollständige Hinweise möglich, weil die meisten hierher gehörenden Formen entweder als Nannoplankter nicht erfaßt oder (in konserviertem Zustand) nicht bestimmt werden konnten.

Eudorina wurde in der BlSp einmal in Massenentwicklung beobachtet, und zwar am 25. Mai 1951 bei Harra, also wenige Kilometer unterhalb der Einleitung der Sulfitablaugen im obersten Rückstau der Talsperre bei noch 0,13 mg/l O_2 und 680 mg/l $KMnO_4$. Der Einfluß der „düngenden" Wirkung der hier noch relativ frischen Sulfitablaugen ist unverkennbar. *Eudorina* wurde verschiedentlich auch in anderen Proben aus beiden Talsperren in geringerer Anzahl beobachtet.

Volvox aureus wurde einige Male in wenigen Exemplaren in der BlSp (1951 und 1954) und auch in der HwSp (1954) beobachtet.

Eudorina und *Volvox* sowie weitere nicht näher bestimmbare Grünalgen, die wiederholt, aber immer nur in geringen Mengen in beiden Saaletalsperren auftraten, gehören im Rahmen der Biocönosen durchweg in die *b*-Stufe und sind als Indikatoren der (im Epilimnion!) abklingenden Selbstreinigung zu bewerten.

Von den Chlorococcales waren *Pediastrum* und *Scenedesmus*, von den Conjugales *Closterium* und *Staurastrum* in einigen Proben aus beiden Talsperren vertreten. Für alle diese Formen gilt die eingangs getroffene Feststellung, daß die Menge der Phytoplankter in der Regel auffallend gering war. Eine Ausnahme machen nicht näher bestimmbare fädige Grünalgen, die in der BlSp am 29. April 1954 bei B in Massenentwicklung und in der HwSp am 6. Oktober 1953 bei Grz und H in größeren Mengen angetroffen wurden. Sie haben sich zweifellos unter dem eutrophierenden („düngenden") Einfluß der Sulfitablaugen bzw. ihrer Reststoffe entwickelt.

Bacillariophyta

Tabellaria-Sterne fielen in der BlSp am 25. Mai 1951 in stärkerer Ansammlung bei D auf. In geringerer Menge wurden sie gleichzeitig bei C sowie am 22. August 1951 wieder bei D und am 23. August 1951 im ABW angetroffen. 1954 fanden sie sich in der BlSp zunächst in den noch etwas O_2 enthaltenden oberen Abschnitten A und B, ferner nach dem Julihochwasser am 28. Juli bei B, C und D, aber immer nur in geringen Mengen.

In der HwSp wurden *T.*-Sterne am 23. August 1951 vereinzelt bei H und am 11. Mai 1954 wieder vereinzelt bei F beobachtet.

Asterionella-Sterne wurden in der BlSp nicht bemerkt; auch Wundsch führt sie nicht auf. In der HwSp stellte dagegen Wundsch am 22. Juli 1943 30 Sterne im cm^3 fest. In den eigenen Proben vom Hochsommer 1951 und 1952 waren durchweg einige Sterne von *A.* festzustellen. Bei den regelmäßigen Terminuntersuchungen 1953/54 wurde *A.* am 16. Juni 1953 in geringen Mengen bei G angetroffen, am 6. Oktober 1953 jedoch zahlreich bei Grz und recht zahlreich bei H. 1954 wurde *A.* an allen vier Stationen vermerkt, mit zunehmender Häufigkeit von oben (E) nach unten (H).

Im Saprobiensystem gelten die beiden im Sommer sternförmige Kolonien bildenden planktischen Diatomeen bei Kolkwitz (1950) als *o*, bei Liebmann als Leitorganismen der *b*-Zone. Bekannt ist *Tabellaria fenestrata* als wichtiger Indikator für die beginnende Eutrophierung ursprünglich oligotropher Schweizer Seen durch (meist städtische) Abwässer. Ihrer Massenentwicklung folgt dort fast regelmäßig die Verödung der Tiefenzonen und die Massenentwicklung der „Burgunderblutalge" *Oscillatoria rubescens*. Für die Saaletalsperren haben die planktischen Diatomeen wegen ihres meist spärlichen Vorkommens keine Bedeutung als Indikatoren des Saprobiegrades.

Andere, vorwiegend benthische Formen von Diatomeen sowie ihre Schalen können durch Aufwirbelung der Wasserrandzone bei Wellenschlag und nach Einschwemmung durch starke Zuflüsse bisweilen in größeren Mengen auch in Planktonproben auftreten, vor allem in den obersten schmalen Abschnitten der Saaletalsperren. In der BlSp war das z. B. am 25. Mai 1951 in der Probe bei Harra und am 28. Juli 1954, nach dem Hochwassereinbruch, bei A der Fall, ebenso auch in der Probe aus dem ABW vom 23. August 1951. Ähnliche Fälle wurden in der HwSp an der obersten Station E oder an den obersten beiden Stationen E und F im Laufe des Jahres 1954 vermerkt. Eine indikatorische Bedeutung haben diese Beobachtungen nicht.

3. Das Zooplankton

a) Vorbemerkungen

Das Phytoplankton der beiden Saaletalsperren war bei der angewandten Methodik des Fanges und der Konservierung nicht in befriedigender Weise zu erfassen gewesen. Wegen seiner im allgemeinen auffällig geringen Entwicklung war es darüber hinaus als Indikator des Trophiegrades bzw. des Saprobiegrades nicht recht geeignet. Das Zooplankton mußte daher besonders sorgfältig bearbeitet werden. Es bestand, wie bereits erwähnt, praktisch aus Rotatorien und Entomostracen.

Wie beim Phytoplankton traten vor allem in Proben aus den oberen Abschnitten der Talsperren auch unter den tierischen Formen neben den Euplanktern litorale und benthische Formen auf; solche Tychoplankter werden mitaufgeführt und teilweise mitbewertet. Ausgeschlossen werden dagegen Protozoen, insbesondere Faulschlammciliaten, die zuweilen vom Boden aufgewirbelt oder mit aufgetriebenen Fladen von Faulschlamm zur Wasseroberfläche hochgerissen wurden oder sich zu Zeiten anaerober Verhältnisse offenbar an schwebenden kleinen Flocken befunden haben. Diese Formen gehören nicht ins Plankton; bei der angewandten Art der Konservierung waren sie außerdem durchweg nicht zu bestimmen. Ebenso werden z. B. Tendipediden-Larven vernachlässigt, die vom Boden der Gewässer aufgestiegen waren und dabei in mehreren Fällen in Einzelexemplaren in Planktonproben gerieten.

In den folgenden beiden Abschnitten werden die Rotatorien und die Entomostracen getrennt betrachtet werden. Vorangestellt ist jeweils eine Artenliste, die die überhaupt gefundenen Formen enthält, und in der vermerkt ist, in welcher Sperre die Art auftrat. Es folgen tabellarische Zusammenstellungen aller Planktonproben für beide Sperren. In diesen Tabellen ist die Häufigkeit der betreffenden Arten mit den Häufigkeitsziffern ausgedrückt, deren Bedeutung bereits in Tabelle 19 erläutert wurde. Im Text wird dann für jede Art eine ökologische Charakterisierung und Bewertung gegeben, wobei auf die einschlägigen Angaben von Rylov (1935), für die Entomostracen auch von Pesta (1928) und Wagler (1957) Bezug genommen wird. Hinsichtlich der Stellung der Arten im Saprobiensystem wird unter kritischer Verwertung der Systeme von Kolkwitz (1950) und Liebmann (1951) eine speziell für den Fall der Saaletalsperren gedachte Feineinstufung vorgenommen.

In der abwasserbiologischen Literatur ist wiederholt der Versuch gemacht worden, die Ergebnisse biologischer Feststellungen, ebenso wie die hydrochemischen Daten, auf einen Generalnenner zu bringen und sie unter Verzicht auf alle Einzelheiten, die vor allem den Nichtfachmann nur verwirren, auf einfache Ziffern oder Kurvenbilder zu reduzieren. Neuerdings hat z. B. Knöpp (1955) als Zahlenwert für den biologischen Zustand eines organisch belasteten Gewässers den Begriff der „relativen Belastung" aufgestellt. Er versteht darunter den prozentualen Anteil der $p+a$-Arten in der Gesamtbesiedlung ($p+a+b+o$-Arten):

$$\text{Relative Belastung} = \frac{\sum (a + p)}{\sum (o + b + a + p)}$$

Pantle (1955, 1956) schuf den Begriff „Saprobienindex". Den vier Saprobienstufen s von oligo- bis polysaprob teilte er die Ziffern 1 bis 4 zu. Die geschätzte Häufigkeit der Organismen an den Probenstellen wird ebenfalls durch eine Ziffer, die Häufigkeitsziffer h, ausgedrückt, die von 1 bis 5, 1 bis 7 oder 1 bis 9 gewählt werden kann (für meine Planktonproben habe ich die Häufigkeitsziffern 1 bis 5 gewählt). Für jede Probe errechnete Pantle dann das „gewogene Mittel der Saprobienindices" S:

$$\text{Gewogenes Mittel der Saprobienindices } S = \frac{\sum (s \cdot h)}{\sum h}$$

Knöpp und Pantle haben ihre Darstellungsmethoden an Untersuchungen fließender Gewässer entwickelt. Sie stellen die errechneten Werte der „relativen Belastung" bzw. des „Saprobienindex" als Kurven über der kilometrierten Abszisse dar; so ergibt sich ein „Güteläugsschnitt" des betreffenden Flusses, aus dem das durchschnittliche biologische Bild und insbesondere der Verlauf der Selbstreinigung abzulesen sind.

Bei den fließenden Gewässern stellt das Benthos die Indikatoren des Saprobiegrades. Ein echtes Flußplankton entwickelt sich nur in großen Strömen wie etwa der Wolga, die einen derartig langen Stromverlauf und gleichzeitig eine derartig geringe Strömungsgeschwindigkeit besitzen, daß sich dort ein ganz spezifisches, jahrein jahraus gleichartiges Plankton ausbilden kann (Behning 1929). Ein solches echtes „Potamoplankton" besitzen auch die größten Flüsse West- und Mitteleuropas nicht. Da sich nun die Abwasserbiologie vornehmlich mit der Verunreinigung fließender Gewässer zu befassen hatte, ist es verständlich, daß in manchen Saprobiensystemen die echten Plankter etwas zu kurz kommen. So ist Liebmann (1951) der Ansicht, daß Rotatorien sich im Gegensatz zu dem großen Umfang, den sie im ursprünglichen System von Kolkwitz und Marsson einnahmen, kaum als Leitformen eignen. Er entfernte sie daher mit sehr wenigen Ausnahmen aus seinem „revidierten Saprobiensystem". Liebmann sagt ferner, daß Crustaceen in der *p*-Zone fehlen und praktisch als Leitformen der übrigen Zonen keine Bedeutung haben. Er denkt hierbei zweifellos vornehmlich an Malacostracen, da er seinen Standpunkt mit Hinweisen auf die Diskussion über die Brauchbarkeit von *Gammarus* und *Asellus* als Indikatoren begründet. In seinen Zusammenstellungen der typischen Lebensgemeinschaften stehender Gewässer sind aber auch bei ihm wenigstens einige Crustaceen zugelassen.

Rotatorien und Entomostracen bilden nun in allen stehenden Gewässern die Hauptmasse des Zooplanktons und damit einen wesentlichen Bestandteil des Gesamtplanktons, dessen pflanzlicher Anteil auch bei Liebmann besser zu seinem Recht kommt. Das Gesamtplankton ist besonders in den größeren stehenden Gewässern die umfangreichste und wichtigste Lebensgemeinschaft. Da sich die Abwasserbiologie in Zukunft sicherlich verstärkt auch mit der Abwasserbelastung von Seen zu befassen haben wird, halte ich die Vernachlässigung der charakteristischen Zooplankter im Liebmannschen System nicht für eine Verbesserung des ursprünglichen Systems, sondern für einen bedauerlichen Mangel. Erfreulicherweise kann hier in vielen Fällen das System von Kolkwitz und Marsson in seiner neuesten Fassung von Kolkwitz (1950) zu Rate gezogen werden, da es nach wie vor auch diese Organismen ausreichend berücksichtigt.

Auch Kolkwitz (1950) bringt unter den Rotatorien und Entomostracen keine Indikatoren für die *p*-Zone, da es solche nicht gibt. Aber schon unter den alpha-Mesoaprobien sind auch planktische Rotatorien anzutreffen, wenn auch die Mehrzahl der für diese Stufe aufgeführten Formen noch benthisch lebt. Eine reiche Liste von Rotatorien des Planktons findet sich dann aber unter den Leitformen der *b*-Zone, in der erstmalig auch Entomostracen, sowohl Copepoden wie Cladoceren, unter den Indikatoren erscheinen.

Das Plankton kann nur für die Beurteilung der trophogenen (epilimnischen) Horizonte stehender Gewässer herangezogen werden. Ausgesprochen gilt das für das autotrophe Phytoplankton, durchweg aber auch für das Zooplankton, das in seiner Ernährung normalerweise weitgehend vom Phytoplankton abhängig ist und sich daher in der Regel nur in den epilimnischen Horizonten in stärkerem Maße akkumuliert. In Fällen, in denen das Epilimnion ganz anaerob wird, muß das Zooplankton, unter dem sich ja keine ausgesprochenen *p*-Formen befinden, ganz ver-

schwinden. Bleiben jedoch die oberen Horizonte eines stehenden Gewässers noch aerob, so ist zu erwarten, daß sich eine Änderung des Saprobiegrades auch in einer Veränderung in der Zusammensetzung des Zooplanktons zeigen und durch einen steigenden Anteil der in eine höhere Saprobienstufe zu rechnenden Arten ausdrücken wird. Es soll daher versucht werden, am Schluß der Besprechung des Planktons der Saaletalsperren zu Zahlenwerten für diese Veränderungen nach dem Vorschlag von PANTLE zu gelangen. Da es sich aber um Veränderungen in der Zeit handelt, muß bei dieser Darstellung dann als Abszisse nicht die kilometrierte Strecke des Gewässers, sondern die Zeit genommen werden.

b) Die Rotatorien

Die Artenliste der in den beiden Saaletalsperren überhaupt angetroffenen Rotatorien ist in Tabelle 20 zusammengestellt. Von den 25 Formen traten 20 in der BlSp und 24 in der HwSp auf. In der BlSp fehlen gegenüber der HwSp fünf Arten, darunter vier Tychoplankter und nur ein Euplankter, die in der HwSp zunächst sehr häufige Art *Notholca longispina*. In der HwSp fehlt gegenüber der BlSp lediglich die euplanktische Art *Brachionus capsuliflorus*, die jedoch in der BlSp nicht sehr häufig ist. Die Häufigkeit *h* der Arten in allen Planktonproben ist für die BlSp in Tabelle 21, für die HwSp in Tabelle 22 zusammengestellt.

In der Reihenfolge der Artenliste, die auch in den Planktontabellen eingehalten ist, ergeben sich für die einzelnen Arten die folgenden ökologischen Bewertungen und Einstufungen nach dem Saprobiegrad.

Tabelle 20. Saaletalsperren. Artenliste der Rotatoria. Plankton der Bleilochsperre (BlSp) und Hohenwartesperre (HwSp)

BlSp	HwSp	Art
+	+	*Conochilus unicornis* ROUSSELET
+	+	*Rotaria* (PALLAS) sp.
+	+	*Asplanchna priodonta* GOSSE
+	+	*Asplanchna brightwelli* GOSSE
+	+	*Synchaeta* EHRENBERG sp.
+	+	*Polyarthra trigla* EHRENBERG
+	+	*Filinia longiseta* (EHRENBERG)
+	+	*Filinia terminalis* (PLATE)
	+	*Mytilina* BORY DE ST. VINCENT sp.
	+	*Monostyla lunaris* (EHRENBERG)
	+	*Monostyla cornuta* (O. F. MÜLLER)
+	+	*Colurella adriatica* EHRENBERG
+	+	*Colurella bicuspidata* EHRENBERG
+	+	*Lepadella* BORY DE ST. VINCENT sp.
+	+	*Lophocharis salpina* (EHRENBERG)
	+	*Testudinella patina* (HERMANN)
+	+	*Brachionus calyciflorus* PALLAS
+	+	*Brachionus urceus* LINNÉ
+		*Brachionus capsuliflorus* PALLAS
+	+	*Brachionus angularis* GOSSE
+	+	*Keratella cochlearis* (GOSSE)
+	+	*Keratella quadrata* (O. F. MÜLLER)
	+	*Notholca longispina* (KELLICOT)
+	+	*Anuraeopsis fissa* GOSSE
+	+	*Pedalia mira* HUDSON

+ bedeutet: In der betreffenden Talsperre vorkommend.

Tabelle 21. Bleiloch

Tag	25. 5. 1951			26. 7. 1951	22. 8. 1951	23. 8. 1951		20. 9. 1951	
Nummer BP	3	2	1	4	5	6	7	9	8
Ort	Har	C	D	D	D	ABB	ABW	WeB	D
Conochilus unicornis	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Rotaria sp.	2	.	.	.	.	.	.	1	.
Asplanchna priodonta	.	3	4	.	.	2	3	1	1
Asplanchna brightwelli	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Synchaeta sp.	.	2	3	.	2	1	2	1	.
Polyarthra trigla	1	5	5	4	3	5	5	5	5
Filinia longiseta	.	1	1	1	.	1	2	.	.
Filinia terminalis	.	.	.	.	.	.	1	.	.
Colurella adriatica	2	.	.	.	.	.	.	.	.
Colurella bicuspidata	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lepadella sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lophocharis salpina	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Brachionus calyciflorus	.	.	.	.	.	.	1	.	.
Brachionus urceus	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Brachionus capsuliflorus	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Brachionus angularis	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Keratella cochlearis	.	5	5	5	4	3	2	3	4
Keratella quadrata	.	2	3	2	1	1	1	1	1
Auraeopsis fissa	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pedalia mira	.	.	.	.	3	.	.	3	4

Tabelle 22. Hohenwarte

Tag	24. 7. 1951	23. 8. 1951	23. 8. 1951	12. 5. 1952	3. 7. 1952		27. 8. 1952		16. 6. 1953		6. 10. 1953	
Nummer HP	1	2	3	5	7	6	8	9	11	13	15	16
Ort	H	H	ABE	Prw	E	H	Otb	H	Otb	G	Grz	H
Conochilus unicornis	.	.	.	.	.	.	1	1	3	4	.	.
Rotaria sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Asplanchna priodonta	.	4	2	4	1	.	1	1	4	2	.	1
Asplanchna brightwelli	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Synchaeta sp.	.	1	3	.	3	3	3	3	4	1	3	2
Polyarthra trigla	4	3	3	4	5	4	5	5	5	4	2	4
Filinia longiseta	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	1	.
Filinia terminalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Mytilina sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Monostyla lunaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Monostyla cornuta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Colurella adriatica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Colurella bicuspidata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lepadella sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lophocharis salpina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Testudinella patina	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Brachionus calyciflorus	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Brachionus urceus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Brachionus angularis	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Keratella cochlearis	2	4	3	5	4	3	4	3	5	3	4	3
Keratella quadrata	.	2	.	2	3	2	3	2	3	1	2	1
Notholca longispina	.	4	3	.	1	.	5	2	3	4	1	.
Auraeopsis fissa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pedalia mira	.	.	.	.	.	.	.	2	.	2	1	2

sperre. Rotatoria

29. 4. 1954				25. 5. 1954		29. 6. 1954			28. 7. 1954				25. 8. 1954				1. 11. 1954			
13	12	11	10	15	14	16	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27	35	33	29	31
A	B	C	D	C	D	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	1	1	.	.	.	.	.	.	2	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	2	2	.	.	.	.	.	.	.	1	5	5	2	.	.	.	.
.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	4	4	.	.	.	1	5	5	5	.	4	3	1	.	.	.	.
1	2	.	.	3	4	.	2	1	.	2	2	1	.	4	4	3	.	.	.	.
.	.	1	.	5	4	.	4	.	1	.	.	.	5	1	.	.	.	2	1	2
.	1	.	.	4	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	1	.	.	3	3	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.
.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	2	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	2	2	1	2	2	3	.	1	1	1	2	.	1	2
.	1	.	.	4	4	.	2	1	1	2	1	2	1	1	.	.	2	2	1	1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	1	2	2	2	2	3	5	4	3
.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	1	3	.	3	3	3	4	4	3	4

sperre. Rotatoria

9. 4. 1954				11. 5. 1954				15. 6. 1954				13./14. 7. 1954				17. 8. 1954				14. 9. 1954				2. 11. 1954			
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	30	32	35	36	33	43	41	39	37	51	49	47	45	59	57	55	53
E	F	G	H	E	F	G	H	Con	E	F	G	E	F	G	H	E	F	G	H	E	F	G	H	E	F	G	H
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	1	2	.	1
5	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	1	.	.	.	1	1	.	3	3	2	1	1	.	.	1	1	.	.	.	2	2	2	2	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	5	5	5	4	4	5	5	2	3	2	2	1	.	.	1	.	.	1	2	.	1	.	.	.	.	1	1
1	2	1	1	3	5	5	4	4	5	4	4	3	1	2	2	4	3	3	3	4	3	4	4	1	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	1	3	3	2	.	4	2	1	1	2	3	2	3	.	1	1	1	1	1	2	2
.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.
.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	2	1	1	3	3	3	2	5	4	4	4	4	3	3	3	4	5	4	4	4	3	3	2	3	3	3	2
.	1	2	1	.	1	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1	.	1	2	1	.	1	1	.	1	1	1
.	1	1	1	.	1	2	2	2	3	3	3	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1
.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	1	.	3	5	5	5	3	4	4	4	2	2	2	1	4	5	4	4

Conochilus unicornis

BlSp: Nur einmal beobachtet (D, 22. August 1951, $h = 1$). HwSp: 1951 nicht beobachtet. 1952 in zwei Proben (Otb, H), $h = 1$. Bei den regelmäßigen Terminuntersuchungen 1953/54 gleich bei dem ersten Termin in beiden Proben recht häufig: 16. Juni 1953, Otb $h = 3$, Grz $h = 4$. 1954 erst im Spätsommer (17. August) zunächst bei G und H ($h = 1$) und später (2. November) etwas stärker fast in der ganzen HwSp: E und H $h = 1$, F $h = 2$). Wundsch führt *C.* in seinen beiden Proben vom Juli 1943 nicht auf.

Nach Rylov bildet diese eulimnoplanktische Art Kolonien von meist wenigen Individuen, wobei die Gallerthüllen der einzelnen Tiere nicht vollständig verschmolzen sind. Im Winter sind die Kolonien kleiner (2 bis 7 Individuen), und es treten zuweilen sogar isolierte Individuen auf. In den konservierten Proben aus den Saaletalsperren waren die Individuen stets getrennt. Es muß offen bleiben, ob sich etwa ursprüngliche Kolonien erst infolge der Fixierung aufgelöst haben. Die Literaturangaben über den Ablauf des Jahreszyklus sind widersprechend; meist gilt die Art als ausgesprochene Sommerform.

Im Saprobiensystem gilt die Species als *h* (Kolkwitz 1950). Einstufung daher mit $s = 2$.

Rotaria sp.

BlSp: Bei A zunächst stets vorhanden mit $h = 2$. Bei den anhaltend stärkeren Zuflüssen, die dem Hochwassereinbruch vom Juli 1954 folgen, jedoch ab August fehlend. In den drei übrigen Abschnitten B, C und D hin und wieder vereinzelt, $h = 1$; jedoch ist hierbei zu bedenken, daß der Weg vom Benthal (Litoral) bis zur Probenstelle in den unteren Abschnitten beider Talsperren bedeutend länger ist als in den obersten flußartig schmalen obersten Abschnitten A (BlSp) bzw. E (HwSp). HwSp: Nur im Frühjahr 1954 bei E, aber hier am 9. April massenhaft mit $h = 5$, am 11. Mai noch $h = 3$, sonst fehlend. Von Wundsch aus 1943 nicht gemeldet.

Die Species der Gattung *Rotaria* (= *Rotifer* auct.) sind konserviert nicht zu unterscheiden. Sie sind keine Euplankter und daher bei Rylov nicht aufgeführt. Unter bestimmten Voraussetzungen tritt *R.* aber im Plankton auf. Die Tiere können nicht nur durch starken Wellenschlag oder starke Strömung unfreiwillig aufgewirbelt und zeitweise ins Pelagial transportiert werden, sondern werden zuweilen auch selbständig planktisch. Bei benthischem Vorkommen ist *R.* nach Liebmann *p*, *R. neptunia* gilt ihm als *p*-Leitform, *R. vulgaris* als Bestandteil der typischen Lebensgemeinschaft der Sphaerotilus-Zotten. Nach Kolkwitz ist das selbständige Aufsteigen von *R. n.* ins Plankton ein Zeichen dafür, daß das Rädertier, das im übrigen auch in H_2S-haltigem Wasser vorkommt, Stellen mit ausreichendem O_2 aufsucht. Kolkwitz bewertet beide Species als *a*, *R. v.* vor allem dann, wenn die Art häufig ist und in mehr oder weniger großer Menge auch frei im Plankton schwimmt. Da gerade dieses Anzeichen hier vorliegt, wird *Rotaria* sp. mit $s = 3$ bewertet.

Asplanchna priodonta

BlSp: Im Normaljahr 1951 mit Ausnahme von A häufig Bestandteil des Zooplanktons mit $h = 1$ bis 4. 1954 im Mai nur bei C und D mit $h = 2$, nach dem Julihochwasser im August bei B und C massenhaft ($h = 5$), bei A $h = 1$, bei D $h = 2$. HwSp: im Spätsommer 1951 und im Frühsommer 1952 bei H $h = 4$. 1953 in wechselnder Häufigkeit in verschiedenen Abschnitten; 1954 ab Sommer bis Herbst, zunächst bei E etwas häufiger (16. Juni, $h = 3$), später in verschiedenen Abschnitten, aber h nicht über 2. Wundsch fand die Art 1943 mit 1 i/l in der BlSp, in der HwSp nicht.

Die Species ist eine kosmopolitische, im Limnoplankton sehr häufige Art, weniger monozyklisch, hauptsächlich perennierend und dizyklisch mit Maxima im Früh-

ling und Sommer (Herbst), *o* bis *b* (Rylov). Kolkwitz führt sie unter *b* auf mit dem Hinweis, daß sie auch *o* vorkommt. Als Form, die offenbar zwischen den beiden Saprobienstufen 1 und 2 steht, wird sie hier mit $s = 1\frac{1}{2}$ bewertet.

Asplanchna brightwelli

BlSp: Einmal mit $h = 1$ bei D. HwSp: Ebenfalls einmal $h = 1$ bei Otb. Wundsch fand die Art nicht.

Rylov bezeichnet die Species als ausgesprochen heleoplanktische Sommerform, besonders in eutrophen Teichen, und hält sie für stark ausgesprochen *b*. Ihre Einstufung als *o*, wie es auch wieder bei Kolkwitz (1950) geschieht, bezeichnet Rylov ausdrücklich als irrtümlich. Die Art bleibt hier wegen ihres ganz sporadischen Vorkommens und ihrer strittigen Einstufung bei der Bewertung unberücksichtigt.

Synchaeta sp.

BlSp: 1951 in geringer bis mittlerer Häufigkeit in den unteren Abschnitten: Maximum am 25. Mai mit $h = 3$ bei D; im Spätsommer und Herbst verschwindend. 1954 erstes Maximum am 25. Mai im aeroben Epilimnion von C und D mit $h = 4$; zweites stärkeres Maximum mit $h = 5$ nach dem Einbruch der Hochwasserwelle am 28. Juli bei B, C und D. Noch am 25. August mit $h = 4$ bei B und $h = 3$ bei C. Am 1. November aus dem Plankton verschwunden. HwSp: Schon in den stichprobenartigen Planktonanfängen vom Sommer 1951 und 1952 wiederholt anzutreffen, 1952 mit $h = 3$. Bei den regelmäßigen Terminuntersuchungen 1953/54 im Sommer 1953 vor allem bei Otb mit $h = 4$ und noch am 6. Oktober bei Grz mit $h = 3$ und H mit $h = 2$. 1954 bereits am 9. April bei E mit $h = 3$ und bei F, G und H mit $h = 5$. Nach dem Hochsommer in allen Abschnitten auf geringe Werte zurückgehend, h meist $= 1$, seltener $= 2$, oder gar fehlend (während gleichzeitig in der BlSp Massenentwicklung auftritt). Wundsch fand am 6. Juli 1943 *Synchaeta* mit 8 i/l in der BlSp bei Saaldorf.

Die Species der Gattung sind konserviert nicht zu unterscheiden. Als häufigste Arten gelten *S. tremula* und *S. pectinata*, beide typische Vertreter des Limnoplanktons und kosmopolitisch. Die Jahreszyklen auch derselben Art sind in verschiedenen Gewässern offenbar unterschiedlich. Es ist möglich, daß es sich in den Proben aus den beiden Saaletalsperren um verschiedene oder mehrere Arten gehandelt hat. Rylov bezeichnet *S. tremula* als meist *b*, auch *o*; *S. pectinata* als *b* und *o*. Kolkwitz führt beide Species unter *b* mit dem Hinweis, daß beide auch *o* vorkommen, jedoch bei zahlreichem Auftreten nach *b* gehören. Er vermutet, daß ihre Anhäufung durch reichlich zur Verfügung stehende Nahrung bedingt sein dürfte. Die Massenentwicklungen in der BlSp nach Wiederherstellung aerober Verhältnisse im Juli 1954 und in der HwSp nach der Zuführung düngender Stoffe mit noch nicht abgebauten Sulfitablaugen (Kurzschlußströmung im Winter 1953/54) bestätigen diese Vermutung. *Synchaeta* wird hier als *b* bis *o* mit Schwerpunkt nach der *b*-Seite des Spektrums bewertet und erhält $s = 1^2/_3$.

Polyarthra trigla

BlSp: 1951 in allen Proben auftretend: im obersten flußartigen Teil bei Harra nur vereinzelt, im eigentlichen Stausee mit Frühsommer- und Herbstmaximum (Massenentwicklung, $h = 5$) am 25. Mai und 20. September, auch an den Zwischenterminen zahlreich ($h = 3$ oder 4). 1954 vor dem Julihochwasser im Epilimnion, soweit dies aerob ist, mit $h = 1$ bis $h = 4$; wieder Frühsommermaximum am 25. Mai. Nach dem Hochwassereinbruch auch wieder zweites Maximum im Herbst am 25. August mit $h = 3$ und $h = 4$, aber die Massenentwicklung des Jahres 1951 wird im Herbst nicht wieder erreicht. Am 1. November nicht mehr angetroffen. Wundsch meldet die Species vom 6. Juli 1943 in starker Entwicklung (56 i/l) bei Saalburg und in mittlerer Häufig-

keit (12 i/l) bei Saaldorf. HwSp: In allen Stichproben 1951 und 1952 mit $h = 3$ bis $h = 5$, Massenentwicklung im obersten Abschnitt E. Bei den Terminuntersuchungen 1953/54 wieder am 16. Juni 1953 $h = 5$ bei E und $h = 4$ bei G. Noch am 6. Oktober mit $h = 4$ bei H. 1954 am 9. April bereits überall $h = 1$ bis $h = 2$, im Mai und Juni wieder Maximum mit $h = 5$ oder $h = 4$. Im Juli Rückgang auf $h = 1$ bis $h = 3$, dann auch in der HwSp zweites Maximum im August und September mit $h = 3$ und $h = 4$. Am 2. November noch vereinzelt bei E, sonst aus dem Plankton verschwunden. Wundsch fand die Art am 22. Juli 1943 mit 40 i/l.

Polyarthra trigla ist in beiden Saaletalsperren deutlich dizyklisch mit Frühsommer- und Herbstmaximum. Die Art ist kosmopolitisch verbreitet und euplanktisch; sie bewohnt oligotrophe und eutrophe Gewässer und ist *b*, auch *o* (Rylov). Kolkwitz rechnet sie zu *b*, vermerkt aber dazu, daß die Species analytisch nicht viel verwendet werde, da gleichzeitig meist andere leichter orientierende Organismen zur Verfügung stünden. *Polyarthra* wird hier wie *Synchaeta* mit $s = 1^2/_3$ bewertet.

Filinia longiseta

BlSp: 1951 nur in einigen Proben und stets $h = 1$. 1954 dagegen vor dem Julihochwasser stärkere Entwicklung in den noch aeroben epilimnischen Horizonten der unteren Abschnitte mit Maximum (Massenentwicklung, $h = 5$) am 25. Mai bei C. Nach dem Hochwassereinbruch zunächst nur noch vereinzelt bei A, am 25. August hier aber Massenentwicklung ($h = 5$) und vereinzelt wieder bei B. Am 1. November noch $h = 1$ bis $h = 2$ bei B bis D. Wundsch fand am 6. Juli 1943 die Art (unter dem Synonym *Triarthra l.* aufgeführt) in Massenentwicklung (144 i/l) bei Saaldorf und in geringerer Menge (8 i/l) bei Saalburg. HwSp: 1951 nicht beobachtet. 1952 am 12. Mai einmal mit $h = 1$ bei H. In den Terminproben 1953/54 zunächst am 6. Oktober 1953 mit $h = 1$ bei G. 1954 am 11. Mai mit $h = 1$ bei H, am 15. Juni erstmalig stärker als bisher in den beiden oberen Abschnitten auftretend: $h = 3$ bei Con und E, $h = 2$ bei F. Am 14. Juli bei E noch häufiger ($h = 4$), bei F wieder $h = 2$ und jetzt auch mit $h = 1$ bei G und H. Am 17. August ist bei F und H die Häufigkeit auf $h = 3$ angestiegen. Im September wieder meist vereinzelt, am 2. November noch mit $h = 1$ bei E und F und mit $h = 2$ bei G und H. Wundsch meldet die Art vom 22. Juli 1943 noch nicht.

Filinia longiseta ist eine kosmopolitisch weitverbreitete und sehr häufige Art des Planktons. Nach Rylov gehört sie zu den wenigen Rotatorien, die eine Tendenz zur Anhäufung in tieferen Wasserschichten aufweisen. Es ist daher möglich, daß die stets nur aus den oberen Horizonten geschöpften Planktonproben die Species nicht immer entsprechend ihrer tatsächlichen Häufigkeit erfaßt haben, sofern das Rädertier tiefere Horizonte aufsuchen konnte (das heißt, wenn Meta- und Hypolimnion aerob waren).

F. l. ist nach Rylov *b* und *o*, nach Kolkwitz sowohl *a* (massenhaftes Auftreten in verschmutzten Dorfteichen und in Vorflutern, welche Sielwasser aufnehmen) wie auch *b* (als var. *limnetica*) und zur Beurteilung des Planktons verwendbar. Es ist sehr deutlich, daß *F. l.* in beiden Saaletalsperren 1954 durch die vermehrte Ansammlung organischer Stoffe gefördert worden ist. Sie muß daher hier als zwischen *a* und *b* stehend mit $s = 2^1/_2$ eingestuft werden.

Filinia terminalis

BlSp: Nur im April und Mai 1954 in den damals noch aeroben epilimnischen Horizonten bestimmter Abschnitte: am 29. April mit $h = 1$ bei B, am 26. Mai jedoch mit $h = 4$ bei C und $h = 3$ bei D. HwSp: Nur am 15. Juni 1954 beobachtet, jedoch in drei von vier Proben, mit $h = 1$ und $h = 2$. Wundsch meldet die Art nicht.

Filinia terminalis ist nach Rylov eine ziemlich seltene Art; nach einigen Autoren ist sie mit *F. longiseta* identisch. In den Saprobiensystemen ist *F. terminalis* nicht aufgeführt. Sie kann hier wie *F. longiseta* mit $s = 2^1/_2$ eingestuft werden.

Mytilina sp.

Nur einmal in der HwSp am 2. November 1954 mit $h = 1$ bei F beobachtet.

Alle Species von *M.* sind benthisch und kommen nur tychoplanktisch vor. Für die vorliegende Untersuchung ohne Bedeutung und nicht zu bewerten, da die einzelnen Species (dort unter dem Synonym *Salpina*) bei KOLKWITZ unterschiedlich eingestuft sind.

Monostyla lunaris

Ebenfalls nur einmal in der HwSp mit $h = 1$ am 15. Juni 1954 bei Con.

Benthisch, hier tychoplanktisch. Nach KOLKWITZ *b*, hier also $s = 2$.

Monostyla cornuta

Ein weiterer tychoplanktisch auftretender Bewohner des Benthos. Ebenfalls nur 1954 in der HwSp beobachtet; zunächst am 11. Mai mit $h = 1$ bei E, am 2. November mit $h = 2$ bei F und $h = 1$ bei G.

Ist wie die vorangegangene Species nach KOLKWITZ *b* und hier mit $s = 2$ zu bewerten.

Colurella adriatica

BlSp: Nur am 25. Mai 1951 mit $h = 2$ bei Harra. HwSp: Einmal mit $h = 1$ am 11. Mai 1954 bei E.

Wiederum ein tychoplanktisch auftretendes benthisches Rotator. Wie die folgende Species der Gattung mit $s = 2^2/_3$ zu bewerten.

Colurella bicuspidata

BlSp: Nur am 28. Juli 1954 mit $h = 1$ bei A. HwSp: Ebenfalls nur einmal mit $h = 1$ am 15. Juni 1954 bei Con.

Der tychoplanktische Benthosbewohner ist nach KOLKWITZ *a* und vereinzelt noch *b*. Er wird demnach mit $s = 2^2/_3$ eingestuft.

Lepadella sp.

BlSp: Nach dem Julihochwasser 1954 dreimal mit $h = 1$ in verschiedenen Abschnitten zu verschiedenen Terminen. HwSp: Nur am 9. April 1954 mit $h = 2$ bei E und $h = 1$ bei F.

Benthische Arten, Tychoplankter. KOLKWITZ führt die Species *L. oralis* als *b* auf. *L.* wird daher hier mit $s = 2$ bewertet.

Lophocharis salpina

BlSp: Nur einmal mit $h = 1$ am 28. Juli 1954 bei A. HwSp: Nur einmal mit $h = 1$ am 2. November 1954 bei F.

Benthisch, tychoplanktisch. Bei KOLKWITZ (unter dem Synonym *Metopidium oxysternum*) als *b* aufgeführt, daher hier $s = 2$.

Testudinella patina

BlSp: Nicht beobachtet. HwSp: 1954 dreimal mit $h = 1$ bei E oder F.

WUNDSCH führt die Gattung (unter dem Synonym *Pterodina*) in seiner Übersicht über das Plankton verschiedener Talsperren für die Saaletalsperren nicht auf. Nochmals ein auch tychoplanktisch vorkommendes, vorwiegend litoral-benthisches Rädertier. Von KOLKWITZ als *b*, zuweilen *a*, bezeichnet. Die Species wird daher hier mit $s = 2^1/_3$ bewertet.

Brachionus calyciflorus

BlSp: 1954 mit $h = 1$ am 29. April bei B, am 25. Mai im noch aeroben Epilimnion von C und D mit $h = 3$; nach dem Julihochwasser nur noch je einmal mit $h = 1$ bei D und B. Wundsch fand das Rotator am 6. Juli 1953 mit 16 i/l bei Saaldorf. HwSp: Dreimal vereinzelt gefunden; von Wundsch für Juli 1943 nicht gemeldet.

Die Species ist bei Kolkwitz (unter dem Synonym *B. pala*) als *a* und bei Anhäufungen als typisch *b* bezeichnet. Sie soll hier als *b* bis *a* mit $s = 2^1/_3$ bewertet werden.

Brachionus urceus

BlSp: Nur 1954 und stets mit $h = 1$ beobachtet; am 29. April bei B und C, am 25. August bei A. HwSp: 1954 zweimal mit $h = 1$ bei E. Wundsch meldet die Art vom Juli 1943 für beide Sperren nicht.

Rylov, Kolkwitz und Liebmann bezeichnen die Species übereinstimmend als *b*. Sie wird daher hier mit $s = 2$ bewertet.

Brachionus capsuliflorus

BlSp: 1951 einmal am 25. Mai mit $h = 1$ bei D. 1954 wiederum am 25. Mai angetroffen: $h = 2$ bei C und D. Am 28. Juli noch einmal mit $h = 1$ bei A. Von Wundsch nicht gemeldet. HwSp: Nicht beobachtet.

Die Species lebt vorwiegend im Litoral, ist aber auch fakultativ planktisch. Bei Rylov und (unter dem Synonym *B. bakeri*) bei Kolkwitz *b*; daher hier $s = 2$.

Brachionus angularis

BlSp: In der Talsperre selbst nicht beobachtet, dagegen mit $h = 1$ in der Probe vom 23. August 1951 aus dem ABB. Wundsch fand die Species im Juli 1943 mit 4 i/l bei Saalburg und 64 i/l bei Saaldorf. HwSp: Einige Male mit $h = 1$ im obersten Teil der Sperre bei Otb, Con und E (Juni 1953 und 1954) und auch in der Probe vom 23. August 1951 aus dem ABE.

Einstufung bei Rylov und Kolkwitz wie *B. calyciflorus*; daher hier $s = 2^1/_3$.

Keratella cochlearis

BlSp: Fehlt in keinem Abschnitt. Im Normaljahr 1951 Massenentwicklung ($h = 5$) oder sehr häufig ($h = 4$) in den beiden unteren Abschnitten während der ganzen Beobachtungszeit von Mai bis September, solange das Epilimnion dort aerob war. 1954 während der stärksten Belastung im April und Mai ganz fehlend und dann mit der Entwicklung so zögernd einsetzend, daß am 29. Juni (vor dem Julihochwasser) nur $h = 2$ erreicht wird. Auch nach dem Hochwassereinbruch nicht so häufig wie 1951; nur einmal $h = 3$ bei D. Am 25. August überhaupt nur $h = 1$ bei B bis D, am 1. November jedoch wieder etwas stärker: bei A und D wird $h = 2$ erreicht. Wundsch meldet vom 6. Juli 1943 die Art mit 48 i/l bei Saalburg und 8 i/l bei Saaldorf. HwSp: Fehlt hier in keiner einzigen Probe und hat mit Ausnahme des zeitigen Frühjahrs (9. April 1954) selten Häufigkeitswerte unter $h = 3$. Im allgemeinen in den oberen Abschnitten etwas häufiger als in den unteren. 1954 in der HwSp bedeutend zahlreicher als in der BlSp, jedoch ausgesprochene Massenentwicklung mit $h = 5$ nur am 15. Juni bei Con und am 17. August bei F beobachtet; bei G nur zweimal und bei H nur einmal $h = 4$. Am 14. September und am 2. November bei G noch mit $h = 3$ und bei H mit $h = 2$. Wundsch fand am 22. Juli 1943 44 i/l.

Keratella cochlearis und *Polyarthra trigla* (vgl. oben) sind die beiden häufigsten und am regelmäßigsten anzutreffenden Rotatorien der Saaletalsperren. Während jedoch (trotz der Beeinträchtigung der normalen Entwicklung durch die Abwasserbelastung) für *Polyarthra* deutlich ein dizyklischer Verlauf der Entwicklung mit einem Frühsommer- und einem Herbstmaximum zu erkennen ist, scheint für *Keratella cochlearis* ein solcher Rhythmus in den Saaletalsperren nicht vorzuliegen.

P. erscheint zeitiger im Plankton und hat im Frühjahr (April) die größte Häufigkeit. *K. c.* ist dagegen im Spätherbst, wenn *P.* bereits wieder verschwunden ist, noch anzutreffen (Anfang November 1954, beide Talsperren). In den Sommermonaten sind die beiden Rotatorien oft gleich häufig.

Keratella cochlearis ist eine kosmopolitisch verbreitete planktische Art und kommt in sehr verschiedenen Gewässern vom See bis zum Tümpel vor. Rylov bezeichnet die Species als *b* bis *o*. Kolkwitz führt sie unter *b* auf mit dem Hinweis, daß sie auch *o* vorkommt. Bei Liebmann erscheinen *K. cochlearis* und *K. quadrata* (letztere unter dem Synonym *K. aculeata*) als Glieder der planktischen Lebensgemeinschaft oligosaprober Gewässer, wenigstens wenn sie mit zahlreich auftretenden *Notholca longispina* (vgl. hierzu weiter unten) vergesellschaftet sind. Es ist wohl richtig, *K. cochlearis* hier als in der Mitte zwischen *b* und *o* stehend mit $s = 1\frac{1}{2}$ zu bewerten.

Keratella quadrata

BlSp: Im Normaljahr 1951 weniger häufig als die Species *K. cochlearis*. 1954 jedoch, während *K. c.* fehlt, zunächst am 29. April noch mit $h = 1$ bei B, am 25. Mai aber mit der größten bei dieser Art beobachteten Häufigkeit $h = 4$ bei C und D, also im noch aeroben Epilimnion der beiden untersten Abschnitte. Von Juni bis November 1954 dann in ähnlicher Entwicklung wie *K. cochlearis*: am 28. Juli zwar bei C und D nur mit $h = 1$ und 2 statt $h = 2$ und 3, sonst aber praktisch gleich stark mit $h = 1$ und $h = 2$ auftretend. HwSp: Fehlt nur hin und wieder bei E oder F ganz, sonst immer wenigstens mit $h = 1$; kommt aber über die Häufigkeit $h = 3$ nicht hinaus. Diese Häufigkeit wird 1952 und 1953 regelmäßig im obersten Abschnitt (Otb und E) angetroffen. 1954 tritt $h = 3$ am 15. Juni in den beiden Proben aus dem Abschnitt E und ferner bei F auf, in den beiden unteren Abschnitten G und H auch je einmal, aber schon am 11. Mai. Im Sommer und Herbst 1954 bleibt *K. quadrata* stets weniger häufig als *K. cochlearis*, meist nur $h = 1$. Wundsch fand am 22. Juli 1953 8 i/l (unter dem Synonym *K. aculeata* aufgeführt).

Keratella quadrata ist in ihrem Zyklus sowohl in Seen wie in kleineren stehenden Gewässern sehr uneinheitlich; sie ist in den verschiedenen Gewässern offenbar durch eine ganze Reihe von Phäno- und Genotypen vertreten (Rylov). Für die beiden Saaletalsperren ergibt sich bei der Störung durch die Ablaugen kein eindeutiges Bild. Hinsichtlich der Stellung der Art im Saprobiensystem machen Rylov und Liebmann keinen Unterschied gegenüber *K. cochlearis*. Kolkwitz gibt dagegen den Hinweis, daß *K. quadrata* etwas stärker saprob zu sein pflegt als *K. cochlearis*. Ich habe den Eindruck, daß dies durchaus zutrifft und bewerte die Art daher hier mit $s = 1^2/_3$.

Notholca longispina

BlSp: Nicht beobachtet. HwSp: Bei den Stichproben 1951 und 1952 stellenweise in Massenentwicklung. Während der Terminuntersuchungen 1953/54 am 16. Juni 1953 recht zahlreich: $h = 3$ bei Otb, $h = 4$ bei G. In den Herbst- und Frühjahrsmonaten nur vereinzelt; am 11. Mai 1954 aber bei G und H wieder mit $h = 2$. Am 15. Juni 1954 an allen Stationen durchweg $h = 3$. Nach der zunehmenden Eutrophierung auch der stets ausreichend aerob bleibenden oberen Horizonte ab Juli aus der HwSp verschwunden bis auf ein vereinzeltes Vorkommen ($h = 1$) am 14. September bei E. Von Wundsch im Juli 1943 in beiden Talsperren nicht beobachtet.

Für die vorliegende Untersuchung besitzt *Notholca* einen besonderen Wert als Indikator. Es handelt sich um eine in der nördlichen Hemisphäre weitverbreitete Art und eine charakteristische Art des Seenplanktons. Sie tritt im Pelagial perennierend auf, mit einem Maximum im Frühjahr oder Sommer, seltener in einer späteren Jahreszeit (Rylov). In den Saprobiensystemen wird sie durchweg als *o* bezeichnet (Kolkwitz). Rylov hält sie daneben für sehr selten schwach *b*, während Liebmann sie ohne Einschränkung als *o* erklärt und ausdrücklich als guten Indikator

der *o*-Zone herausstellt, da sie sehr empfindlich gegenüber organischer Verunreinigung sei. *Notholca longispina* wird daher hier als erste Species mit dem glatten Index $s = 1$ bewertet.

Anuraeopsis fissa

BlSp: 1951 nicht beobachtet. Trat 1954 nach dem Hochwassereinbruch auf und entwickelte sich unter den für die BlSp günstigen hydrochemischen Verhältnissen dann sehr stark. Am 28. Juli mit $h = 2$ bei B und C und $h = 1$ bei D; am 25. August mit $h = 2$ in allen vier Abschnitten; am 1. November $h = 3$ bei A und D, $h = 4$ bei C und $h = 5$ bei B. Bei dieser Massenentwicklung zu so später Jahreszeit im Abschnitt B stellte die Species 43 % aller Individuen im Zooplankton. Wundsch meldete die Art (unter dem Synonym *A. hypelasma*) mit 260 i/l am 6. Juli 1943 bei Saaldorf; das ist die größte Häufigkeit eines Zooplankters in seinen drei damaligen Proben aus den Saaletalsperren. HwSp: Die Species wurde erstmalig bei der letzten Terminuntersuchung vom 2. November 1954 beobachtet, mit $h = 1$ in drei von vier Abschnitten. Wundsch fand sie im Juli 1943 nicht.

Anuraeopsis fissa ist nach Rylov eine typische Teichform, die in Seen seltener auftritt. Sie soll monozyklisch sein und nur in der warmen Jahreszeit vorkommen. Ein Saprobiegrad wird von Rylov nicht ausdrücklich angegeben; Kolkwitz reiht sie unter *o* ein. Mit diesen Angaben in der einschlägigen Literatur läßt sich das Auftreten der Art in den Saaletalsperren nicht gut in Übereinstimmung bringen. Wäre die Art ausgesprochen *o*, dann hätte Wundsch sie im Juli 1943 eher in der HwSp antreffen müssen, nicht aber in der BlSp und dort in Massenentwicklung ausgerechnet im obersten, am stärksten belasteten Abschnitt A. Es fehlen zwar bei Wundsch gleichzeitige hydrochemische Daten, jedoch geht aus den Zuflußmengen der Wasserwirtschaft hervor, daß im Juli 1943 eher ungünstige als günstige Verhältnisse geherrscht haben müssen. Das hydrologische Jahr 1943 war ausgesprochen trocken mit nur 57 % des langjährigen Mittels des Jahreszuflusses (Tabelle 5); keiner der 12 Monate des Kalenderjahres 1943 erreichte den Mittelwert des betreffenden Monats, so daß das Kalenderjahr sogar in der Reihe der extremen Defizitperioden der ersten Jahrhunderthälfte an vierter Stelle rangiert (Tabelle 8).

Die Ursachen für das Auftreten oder Verschwinden einer Species im Plankton sind zweifellos meist komplexer Natur und lassen sich nicht ohne weiteres auf einen einzigen Faktor zurückführen. Es scheint hier aber doch, daß für das Auftreten von *Anuraeopsis* eine gewisse „Düngewirkung" der (frischen?) Sulfitablaugen eine Rolle spielt. Die Ansprüche der Species an den O_2-Gehalt können nicht sehr hoch sein, denn bei der einzigen beobachteten Massenentwicklung am 1. November 1954 im Abschnitt B der BlSp waren nur 0,25 bis 0,39 mg/l O_2 in den aeroben Horizonten zwischen der Oberfläche und 22 m Tiefe vorhanden; beim Vorkommen am 28. August 1954 ($h = 2$) war im Epilimnion des Abschnitts B sogar der Nullwert des O_2 gemessen worden (vgl. Abb. 15). Der Umstand, daß das Maximum dieser angeblich (Rylov) nur in der warmen Jahreszeit auftretenden Art erst am 1. November beobachtet wurde, deutet auf eine Förderung des Rotators durch andere Faktoren hin, die in ihrer Wirkung der bereits weit vorgeschrittenen Abkühlung entgegenlaufen und sich als stärker erweisen als der Temperaturfaktor. Es liegt sehr nahe, hierbei an die organischen Stoffe zu denken, und zwar speziell an Sulfitablaugen in der Beschaffenheit, wie sie nach dem Hochwassereinbruch im Juli 1954 in der BlSp vorliegen: Relativ frische Ablaugen bzw. Schlempen, die sich im lebhaften aeroben Abbau befinden (ausklingende Selbstreinigung), aber noch gewisse Mengen biochemisch verwertbarer Stoffe enthalten. In der HwSp sind vor allem in den Stagnationsperioden in den oberen Horizonten nur noch Reststoffe der Ablaugen ent-

halten, die biologisch bereits ganz „uninteressant" sind. So würde es sich auch erklären, daß *Anuraeopsis* nur vereinzelt in der HwSp (2. November 1954) auftritt, vermutlich aus der BlSp mechanisch dorthin verfrachtet. Auch aus der Charakterisierung der Art als „Teichform" (Rylov) läßt sich eine gewisse Bevorzugung von Gewässern mit einem höheren Gehalt an organischen Stoffen herleiten. Ich halte es daher für richtig, für die vorliegende Betrachtung *Anuraeopsis fissa* als in der Mitte zwischen *o* und *b* stehend einzustufen und der Species den Index $s = 1\,^1/_2$ zuzuteilen.

Pedalia mira

BlSp: 1951 in den Sommer- und Herbstmonaten häufiger ($h = 3$ bis 4). 1954 Ende Juni im noch aeroben Epilimnion von C und D mit $h = 2$ oder $h = 1$; nach dem Hochwassereinbruch ständig zunehmende Häufigkeit. Am 25. August schon $h = 3$ bei B, C und D; Maximalentwicklung am 1. November 1954 mit durchweg $h = 4$. HwSp: 1951 fehlend; 1952 erstmalig am 27. August mit $h = 2$ bei H beobachtet. Bei den regelmäßigen Proben 1953/54 zunächst ab Juni 1953 bis zur Herbstvollzirkulation (bis dahin herrschen in der HwSp hydrochemisch noch „Durchschnittsverhältnisse") ebenfalls nur spärlich auftretend. 1954 wird am 15. Juni das Einsetzen der Entwicklung beobachtet. Mitte Juli bereits Massenentwicklung mit $h = 5$ bei F, G und H. Im August meist $h = 4$, im September nur $h = 2$, jedoch am 2. November 1954 erneut Massenentwicklung mit $h = 5$ bei F und $h = 4$ in den übrigen drei Abschnitten. *Pedalia mira* macht beim ersten Maximum im Juli bis 70%, beim zweiten um Anfang November 1954 bis 50% aller Zooplankter in der HwSp aus. Wundsch meldet die Species für Juli 1943 aus den beiden Saaletalsperren nicht.

Pedalia mira ist nach Rylov eine stenotherme Warmwasserart und lebt bevorzugt im Plankton der Teiche und kleineren Gewässer (Tümpel, Pfützen usw.), seltener im Seenpelagial. Sie soll monozyklisch mit einem Maximum im Herbst sein. Rylov bezeichnet die Art ausdrücklich als *b*, mit dem Hinweis, daß sie in der Literatur manchmal irrtümlich als *o* angeführt werde. Dies ist auch wiederum bei Kolkwitz der Fall, während Liebmann sie unter Bezugnahme auf Rylov als charakteristisch für die *b*-Zone aufführt. Ich halte ebenfalls nur diese Einstufung für zutreffend und bewerte hier *Pedalia* als klar *b* mit dem Index $s = 2$. Aus der Entwicklung der Species in den Saaletalsperren ist sehr deutlich abzulesen, daß sie durch die Saprobisierung gefördert worden ist und daß auch für sie (wie bei *Anuraeopsis fissa*) der Temperaturfaktor durch den Saprobiegrad des Wassers überdeckt wird (zweites Maximum einer Warmwasserart zu Anfang November in der HwSp). *Pedalia mira* ist von allen Rotatorien der klarste positive Indikator für die im Sommer und Herbst 1954 erfolgte Eutrophierung bzw. Saprobisierung der HwSp.

*

Die Errechnung von Zahlenwerten für den biologischen Zustand des Epilimnions bzw. der oberen Horizonte der Saaletalsperren zu den einzelnen Terminen soll erst nach der Besprechung auch der Entomostracen erfolgen. Zum Abschluß des Abschnitts über die Rotatorien sei eine Aufstellung der Arten bzw. Formen gegeben, wie sie sich nach der Feineinstufung ins Saprobiensystem gruppieren:

1. Eindeutig oligosaprob (Saprobiegrad $s = 1$)

   Notholca longispina

2. In der Mitte zwischen oligosaprob und beta-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 1\,^1/_2$)

   Asplanchna priodonta
   Keratella cochlearis
   Anuraeopsis fissa

3. beta-mesosaprob bis oligosaprob (Saprobiegrad $s = 1^2/_3$)

Synchaeta sp.
Polyarthra trigla
Keratella quadrata

4. Eindeutig beta-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 2$)

Conochilus unicornis
Monostyla lunaris
Monostyla cornuta
Lepadella sp.
Lophocharis salpina
Brachionus urceus
Brachionus capsuliflorus
Pedalia mira

5. beta-mesosaprob bis alpha-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 2^1/_3$)

Testudinella patina
Brachionus calyciflorus
Brachionus angularis

6. In der Mitte zwischen beta-mesosaprob und alpha-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 2^1/_2$)

Filinia longiseta
Filinia terminalis

7. alpha-mesosaprob bis beta-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 2^2/_3$)

Colurella adriatica
Colurella bicuspidata

8. Eindeutig alpha-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 3$)

Rotaria sp.

Diese Feineinstufung der Arten ist speziell für die vorliegenden Untersuchungen in den Saaletalsperren erfolgt und erhebt keinen Anspruch auf absolute Allgemeingültigkeit. In manchen Fällen können spezifische Einflüsse von Inhaltsstoffen oder Reststoffen der Sulfitablaugen zum Ausdruck kommen.

c) Die Entomostracen

Die Artenliste der in den beiden Saaletalsperren überhaupt im Plankton angetroffenen Entomostracen ist in Tabelle 23 zusammengestellt. Im Interesse der Vollständigkeit der systematischen Übersicht sind in einer besonderen Spalte der Tabelle auch die Arten mit aufgeführt, die in zwei Pfahlkratzerproben aus dem hohen „Litoral" der HwSp bei F auftraten. Die ausschließlich in diesen beiden Proben aufgetretenen Formen werden aber nicht in diesem Abschnitt, sondern erst bei der Besprechung der Bodentierwelt der HwSp behandelt werden.

Im Plankton wurden 31 Formen Entomostracen festgestellt, davon 17 Cladoceren und 14 Copepoden. 26 Arten, 13 Cladoceren und 13 Copepoden, kommen in der BlSp vor; ebenfalls 26 Arten, davon 15 Cladoceren und 11 Copepoden, in der HwSp. In der BlSp fehlen gegenüber der HwSp 4 Cladoceren, und zwar neben vereinzelt tychoplanktisch auftretenden Litoralformen der Euplankter *Bosmina coregoni*; von Copepoden fehlt in der BlSp lediglich ein in einem Exemplar einmal in der HwSp gefundener unbestimmter Harpacticide. In der HwSp fehlen gegenüber der BlSp 2 litorale Cladoceren und von den Copepoden neben 2 Litoralformen der planktische Calanide *Eudiaptomus vulgaris*.

Tabelle 23. Saaletalsperren. Artenliste der Entomostraca. Plankton der Bleilochsperre (BlSp) und Hohenwartesperre (HwSp) und zwei Pfahlkratzerproben aus der Wasserrandzone der HwSp bei der Hopfenmühle (F)

Plankton BlSp	Plankton HwSp	Ufer HwSp	Art
		+	*Sida crystallina* O. F. Müller
..	+		*Diaphanosoma brachyurum* Lievin
+	+		*Daphnia pulex* (de Geer)
+	.		*Daphnia longispina* O. F. Müller
.	..		*Daphnia cucullata* G. O. Sars
		+	*Scapholeberis mucronata* (O. F. Müller)
.		+	*Simocephalus vetulus* O. F. Müller
.	+		*Ceriodaphnia reticulata* G. O. Sars
.	+	+	*Ceriodaphnia quadrangula* (O. F. Müller)
.			*Moina rectirostris* Leydig
.	+		*Bosmina longirostris* (O. F. Müller)
	+		*Bosmina coregoni* Baird
		+	*Eurycercus lamellatus* O. F. Müller
..	+		*Alona quadrangularis* O. F. Müller
	+		*Rhynchotalona rostrata* Koch
	+		*Leydigia leydigii* Fischer
	+		*Chydorus globosus* Baird
+	+		*Chydorus sphaericus* O. F. Müller
+	+	+	*Polyphemus pediculus* (Linné)
+	+		*Leptodora kindtii* Focke
+			*Eudiaptomus coeruleus* var. *vulgaris* Schmeil
+	+		*Eudiaptomus gracilis* (G. O. Sars)
+			*Macrocyclops albidus* Jurine
+			*Eucyclops (Eucyclops) serrulatus* Fischer
+	.		*Cyclops (Cyclops) vicinus* Uljanin
.	.		*Cyclops (Cyclops) strenuus* Fischer
+	+	+	*Cyclops (Megacyclops) viridis* Jurine
+	+		*Cyclops (Diacyclops) bicuspidatus* Claus
+	+	+	*Cyclops (Acanthocyclops) vernalis* Fischer
+	+		*Cyclops (Metacyclops) gracilis* Lilljeborg
.	+		*Mesocyclops (Mesocyclops) leuckarti* (Claus)
+	+		*Mesocyclops (Thermocyclops) dybowskii* Lande
.	+		*Mesocyclops (Thermocyclops) hyalinus* Rehberg
			Harpacticoida gen. sp.

Die Häufigkeit h der einzelnen Arten in allen Planktonproben ist für die BlSp in Tabelle 24 und für die HwSp in Tabelle 25 zusammengestellt. In der Reihenfolge der Artenliste, die auch in den Planktontabellen eingehalten ist, ergeben sich für die einzelnen Species die folgenden ökologischen Bewertungen und Einstufungen nach dem Saprobiegrad.

Diaphanosoma brachyurum

BlSp: Im Sommer des Normaljahres 1951 vereinzelt und nur einmal mit $h = 2$. 1954 am 29. Juni im noch aeroben Epilimnion von C und D mit $h = 4$; nach dem Hochwassereinbruch zunächst meist nur vereinzelt und lediglich bei D mit $h = 3$. Am 25. August aber bei C und D wieder mit $h = 4$ und noch am 1. November 1954 mit $h = 2$ bei A und B und $h = 3$ bei D. Von Wundsch im Juli 1943 mit 2 i/l bei Saaldorf gefunden, nicht aber bei Saalburg. HwSp: In den Stichproben im Sommer und Herbst 1951, 1952 und 1953 meist nur mit $h = 1$ und selten (August)

mit $h = 2$ bei H. 1954 wie in der BlSp im Juni auftretend. Zunächst meist nur $h = 1$, Mitte Juli aber überall $h = 2$. Am 17. August durchweg mit $h = 4$. Mitte September auf meist $h = 2$ zurückgegangen und am 2. November 1954 nicht mehr angetroffen. Wundsch fand am 22. Juli 1943 4 i/l.

Bei Rylov und Wagler wird *Diaphanosoma* als sehr verbreitete und typisch epilimnische Form charakterisiert, die im Plankton von Seen und Teichen monozyklisch in den warmen Monaten auftritt und von den klaren Gewässern eutrophe bevorzugt. Rylov zitiert auch die Beobachtung von Schäferna, daß die Art in einem eutrophen Teich in der ČSR perennierend auftrat. Diese Überlagerung der Temperaturwirkung durch eine „Düngewirkung" bei höherer Eutrophie, die bereits bei den Rotatorien *Anuraeopsis fissa* und *Pedalia mira* festgestellt wurde, liegt in gewissem Umfang auch bei *Diaphanosoma* in der BlSp vor (in der HwSp war dieser Effekt nicht zu erkennen). Kolkwitz führt die Species unter *o* auf. Diese Einstufung trifft für die Saaletalsperren nicht zu; die in der einschlägigen Literatur angegebene Bevorzugung eutropher Gewässer läßt sie auch als grundsätzlich unzutreffend erscheinen. Der fördernde Einfluß eines gewissen Grades von Eutrophie bzw. Saprobie ist in beiden Saaletalsperren nicht zu verkennen. 1951 bis 1953 kommt die Species in beiden Sperren nicht über $h = 2$ hinaus, während sie im Jahre der stärksten Belastung 1954 in beiden Gewässern $h = 4$ erreicht. Da *D.* jedoch im Herbst 1954 in der HwSp während der verstärkten Zuführung der Restbelastung

Tabelle 24. Bleiloch

Tag	25. 5. 1951			26. 7. 1951	22. 8. 1951	23. 8. 1951		20. 9. 1951	
Nummer BP	3	2	1	4	5	6	7	9	8
Ort	Har	C	D	D	D	ABB	ABW	WeB	D
Diaphanosoma brachyurum	.	.	.	1	1	.	.	1	2
Daphnia pulex	.	.	.	1	.	.	.	.	2
Daphnia longispina	.	1	1	4	2	.	.	2	4
Daphnia cucullata	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Simocephalus vetulus	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ceriodaphnia reticulata	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ceriodaphnia quadrangula	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Moina rectirostris	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bosmina longirostris	.	2	1	4	1	.	1	2	2
Alona quadrangularis	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Chydorus sphaericus	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Polyphemus pediculus	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Leptodora kindtii	.	.	.	.	.	.	.	1	1
Eudiaptomus vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eudiaptomus gracilis	.	1	1	4	2	.	.	1	2
Macrocyclops albidus	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Eucyclops serrulatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Cyclops vicinus	.	2	3	3	2	.	.	2	2
Cyclops strenuus	.	.	3	.	.	.	.	.	.
Megacyclops viridis	.	.	..	.	.	.	.	.	.
Diacyclops bicuspidatus	.	.	.	.	1	.	.	.	.
Acanthocyclops vernalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Metacyclops gracilis	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Mesocyclops leuckarti	.	.	.	.	1	.	.	1	1
Thermocyclops dybowskii	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Thermocyclops hyalinus	.	1	.	4	3	.	1	2	3
Nauplien (Copepoda)	1	3	3	4	4	.	1	2	3

aus der BlSp wieder deutlich zurückgeht, kann sie auch nicht als eindeutig *b* bezeichnet werden. Am richtigsten wird die Species hier wohl als *b* bis *o* mit dem Index $s = 1^2/_3$ bewertet.

Daphnia pulex

BlSp: 1951 unregelmäßig mit $h = 1$ oder höchstens $h = 2$ festgestellt. 1954 erstmalig am 29. Juni beobachtet, im noch aeroben obersten Epilimnion bei C und D, dabei bei C gleich mit $h = 5$. Bei dieser Massenentwicklung macht *D. pulex* an diesem Tage 51 % aller Zooplankter aus und war in den obersten gerade noch aeroben Horizonten in ebenso dichten Schwärmen rötlich gefärbter Individuen vertreten wie in überdüngten Dorfteichen. *D. pulex* befand sich dabei in geschlechtlicher Fortpflanzung (Männchen und Ephippien-Weibchen vielfach vorhanden). Nach dem Hochwassereinbruch Ende Juli und Ende August nur $h = 1$ bei A und B und $h = 3$ bei D. Am 1. November 1954 zweites Maximum mit $h = 5$ bei A und B und $h = 3$ bei C und D; wiederum geschlechtliche Fortpflanzung. HwSp: Fehlt bis einschließlich 1953. Erst bei der verstärkten Zuführung der Restbelastung aus dem Hypolimnion der BlSp nach dem Julihochwasser kann die Species festgestellt werden. Zunächst (17. August) $h = 1$ bei G und H, am 14. September etwas häufiger, und noch am 2. November $h = 1$ bei G und $h = 2$ bei H. Wundsch fand die Art im Juli 1943 in beiden Sperren nicht.

Rylov betrachtet *D. pulex* als hauptsächlich *b*, manchmal auch schwach *a*. Die Art lebt vor allem in kleineren eutrophen bis stark eutrophen Gewässern (Dorf-

sperre. Entomostraca

29. 4. 1954				25. 5. 1954		29. 6. 1954			28. 7. 1954				25. 8. 1954				1. 11. 1954			
13	12	11	10	15	14	16	17	18/19	20	21	22	23	24	25	26	27/28	35/36	33/34	29/30	31/32
A	B	C	D	C	D	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
.	.	.	.	.	.	.	4	4	1	.	1	3	.	2	4	4	2	2	1	3
.	.	.	.	.	.	.	5	2	1	.	.	3	1	1	.	3	5	5	3	3
.	.	.	.	.	.	.	4	4	1	2	1	4	.	3	4	4	5	5	5	5
.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	3	2	.	.	.	.	.	.	.	1	3	2	1	1
.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	1	1	.	1	.	1	1	1	1	1
.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.
.	.	.	.	1	1	.	5	3	.	.	1	2	.	2	1	2	3	4	2	2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	3	.	.	.	1	1
.	.	.	.	.	1	.	3	4	.	1	.	1	.	2	3	3	.	1	1	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	3	.	3	3	2	.	3	2	2
2	1	.	.	1	1	.	4	2	.	.	2	1	.	.	1	3	2	.	2	2
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	.	.	.	1	.	.	.	3	1	2	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.
.	.	1	.	1	.	.	4	3	.	.	2	3	.	2	3	3	2	2	2	2
.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	1	.	.	1	2	2	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	1	2	.	.	1	1	3	1	1	1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	1	.	.	1	1	.	4	5	2	2	1	4	.	4	5	5	5	4	3	3

teiche). Liebmann führt *D. pulex* unter den Mitgliedern der *h*-Biocönosen auf. Kolkwitz führt sie ebenfalls als *h* auf, aber mit dem Hinweis, daß sie auch an *a*-Stellen auftritt. In beiden Saaletalsperren ist die Förderung von *D. pulex* durch die verstärkte Saprobierung sehr deutlich. Sie muß hier als in der Mitte zwischen *h* und *a* stehend mit $s = 2\frac{1}{2}$ bewertet werden.

Daphnia longispina

BlSp: 1951 im Sommer im untersten Abschnitt D mit Häufigkeiten bis $h = 4$. 1954 zusammen mit *D. pulex* ab Ende Juni (noch vor dem Hochwasser) in den aeroben obersten Horizonten von C und D mit $h = 4$. Geht nach dem Hochwassereinbruch nicht so stark zurück wie *D. pulex* und erreicht bei einem zweiten Maximum, das zusammen mit dem zweiten Maximum von *D. pulex* beobachtet wird, in allen vier Abschnitten Massenentwicklung mit $h = 5$. HwSp: 1951 und 1952 wiederholt mit $h = 4$ bei H. Im Sommer und Herbst 1953 nur gering vertreten; am 15. Juni $h = 2$, am 6. Oktober $h = 1$. 1954 im April und Mai meist nur $h = 1$, im Juni und Juli durchweg $h = 2$ in den unteren Abschnitten. Nach der verstärkten Eutrophierung der HwSp bei gleichzeitigem Auftreten von *D. pulex* am 17. August 1954 $h = 4$ bei H und $h = 3$ in den drei übrigen Abschnitten. Ende September etwas weniger häufig; am 2. November dagegen wieder durchweg $h = 3$.

Daphnia longispina ist wohl die häufigste Daphnienart, aber hochgradig variabel. Jedes Gewässer hat seine ihm eigentümliche ökologische Rasse, und überdies sind alle Populationen mehr oder weniger zyklomorph (Wagler). Viele Dutzende von Formen sind mit Namen belegt worden, später aber vielfach als nicht haltbar wieder eingezogen worden. In der neueren Systematik scheint sich allmählich eine einheitliche Anerkennung relativ weniger Formen durchzusetzen. Im Material aus den Saaletalsperren haben sich im wesentlichen die beiden folgenden Formen befunden (Bezeichnung nach Rylov):

Daphnia longispina subsp. *longispina* var. *typica*
(im folgenden kurz als „*Longispina*" bezeichnet)
Daphnia longispina subsp. *hyalina*
(im folgenden kurz als „*Hyalina*" bezeichnet)

Wundsch führt für die drei Planktonproben vom Juli 1943 „*Daphnia hyalina longispina*" auf, die mit „*Hyalina*" identisch ist. Diese Form fand er in der BlSp mit 2 i/l bei Saaldorf und 8 i/l bei Saalburg sowie mit 20 i/l in der HwSp.

In den eigenen Proben handelte es sich in der BlSp offenbar ausschließlich um „*Longispina*". Diese Form besitzt eine meist nur schwach durchsichtige Schale und eine meist gelbliche bis rötliche Färbung. Sie ist stets rundköpfig. Im Saprobiensystem gilt sie als hauptsächlich *b* (Rylov und Kolkwitz). Sie ist in ähnlicher Weise „Teichform" wie *D. pulex* und häufig, so auch in der BlSp, mit dieser Art vergesellschaftet. „*Hyalina*" dagegen besitzt meist eine zarte und durchsichtige Schale; Helmbildung tritt bei bestimmten Rassen auf, kann aber auch fehlen. Die meist farblose Form lebt typisch planktisch in größeren Seen. Sie gilt als *o* (Kolkwitz) bzw. als *o* bis schwach *b* (Rylov). Offensichtlich hat es sich in der HwSp bis zum Herbst 1953 ganz vorwiegend um Rassen dieser oligosaproben Subspecies „*Hyalina*" gehandelt, die auch seinerzeit Wundsch feststellte. Nach der starken Saprobisierung der HwSp dagegen hat zweifellos auch in der HwSp ab Sommer 1954 (jetzt gemeinsam mit *D. pulex*) die beta-mesosaprobe Subspecies „*Longispina*" vorgelegen.

Daphnia longispina kann also in den beiden Saaletalsperren nicht einheitlich bewertet werden. Auch wenn keine ins einzelne gehende Aufteilung auf Subspecies und Rassen erfolgt ist, erscheint es richtig und hinreichend vertretbar, alle in der

Tabelle 25. Hohenwartesperre. Entomostraca

Tag	24. 7. 1951	23. 8. 1951	23. 8. 1951	22. 9. 1951	12. 5. 1952	3. 7. 1952		27. 8. 1952		16. 6. 1953		6. 10. 1953		9. 4. 1954				11. 5. 1954				15. 6. 1954				13./14. 7. 1954				17. 8. 1954				14. 9. 1954				2. 11. 1954			
Nummer HP	1	2	3	4	5	7	6	8	9/10	11/12	13/14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26/27	28/29	30/31	32	35	36	33/34	43/44	41/42	39/40	37/38	51/52	49/50	47/48	45/46	59/60	57/58	55/56	53/54
Ort	H	H	ABE	H	Prw	E	H	Otb	H	Otb	G	Grz	H	E	F	G	H	E	F	G	H	Con	E	F	G	E	F	G	H	E	F	G	H	E	F	G	H	E	F	G	H
Daphnosoma brachyurum	1	2	.	1	.	.	.	1	2	1	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	1	1	2	2	2	2	4	3	4	4	2	3	1	2	.	.	.	.
Daphnia pulex	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	2	.	.	1	2
Daphnia longispina	3	1	.	4	.	3	4	.	2	2	2	.	1	.	1	1	2	.	1	1	.	1	2	2	2	1	1	2	2	3	3	3	4	2	2	3	1	2	3	3	3
Daphnia cucullata	.	.	.	2	1	3	3	2	1	3	1	2	2	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	.	1	1	1	1	1	.	.	.
Ceriodaphnia reticulata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	1	1	.	.	.	.	.	.
Ceriodaphnia quadrangula	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	.	1	.	1	1	1	1	1	1
Bosmina longirostris	.	.	1	.	3	.	1	.	.	.	.	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	3	2	2	3	2	.	.	2	1	.	.	.	.	1	1	2	5	3	3	2
Bosmina coregoni	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	2	2	2	.	2	2	1	3	3	3	3	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	.	.	.	.	.	.
Mona quadrangularis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.
Rhyncholalona rostrata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.																										
Leydigia leydigii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Chydorus globosus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
Chydorus sphaericus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	1	.	.	.	.	1	.	.
Polyphemus pediculus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Leptodora kindtii	2	.	.	3	1	.	1	.	2	3	2	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	2	1	1	1	.	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	.	.	.
Eudiaptomus gracilis	4	2	1	3	2	5	5	3	2	4	4	2	2	1	2	.	1	.	2	2	1	3	3	4	4	3	2	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	2	1	1	1
Cyclops vicinus	1	.	2	3	3	1	3	.	1	3	3	3	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	.	.	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1
Cyclops strenuus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	2	2	.	.	.	.
Megacyclops viridis	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	1	2	1	.	.	1	.	.
Diacyclops bicuspidatus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.
Acanthocyclops vernalis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	1	1	.	.	1	1	.	.
Metacyclops gracilis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1
Mesocyclops leuckarti	3	3	.	.	.	3	1	3	2	2	2	2	3	2	2	1	.	1	2	2	1	1	2	2	1	3	1	1	1	2	2	.	1	2	1	1	.	.	1	1	
Thermocyclops dybowskii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Thermocyclops hyalinus	2	3	2	.	.	.	1	2	1	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	1	1	.	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	.	.	.
Harpacticoida	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Nauplien (Copepoda)	3	5	3	?	4	4	4	4	3	4	4	3	3	2	3	2	1	2	3	3	2	3	3	4	5	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	2	3	2	3

BlSp gefundenen *D. longispina* als „*Longispina*" mit dem Saprobiegrad $s = 2$ zu bewerten, dagegen in der HwSp die bis einschließlich 1953 auftretenden Formen als „*Hyalina*" mit dem Saprobiegrad $s = 1^1/_3$, die im Sommer und Herbst 1954 zusammen mit *D. pulex* auftretenden Formen aber als „*Longispina*" mit $s = 2$ einzustufen.

Daphnia cucullata

BlSp: Nur einmal vereinzelt in einer Probe. HwSp: 1951 bis 1953 des öfteren mit $h = 2$ und $h = 3$. 1954 am 9. April und vom 15. Juni bis 2. November in zahlreichen Proben und meist in mehreren Abschnitten, aber stets nur vereinzelt.

Auch *D. cucullata* bildet zahlreiche Ökotypen, die in den verschiedenen Gewässern eigentlich nie eine völlige Übereinstimmung im Ablauf der Zyklomorphose zeigen. Die in den Saaletalsperren auftretenden *D. cucullata* gehören zu den dolichocephalen Rassen, die vorwiegend in mitteltiefen und tiefen mehr oder weniger eutrophen Seen gefunden werden (Wagler und Rylov). Bei Kolkwitz gilt die Art als *o*. Wegen der Neigung der dolichocephalen *cucullata*-Rassen zu eutrophen Gewässern halte ich es jedoch für richtig, die hier vorliegenden Formen als *o* bis schwach *h* einzustufen und sie mit $s = 1^1/_3$ zu bewerten.

Simocephalus vetulus

BlSp: Einmal vereinzelt (tychoplanktisch) bei B. HwSp: Nicht im Plankton aufgetreten, jedoch in beiden Proben vom 23. Mai 1952 aus der Wasserrandzone bei F (vgl. hierzu den Abschnitt über die Bodentierwelt).

Die Species lebt in größeren Gewässern rein litoral (Wagler). Bei Kolkwitz und Liebmann gilt sie als *o*. Für die Bewertung des Planktons kann sie nicht herangezogen werden, da ihr zufälliges Auftreten im Plankton nichts über ihre tatsächliche Verbreitung in den Saaletalsperren besagt.

Ceriodaphnia reticulata

BlSp: 1951 nicht beobachtet. 1954 erscheint die Species am 29. Juni mit $h = 3$ (C) bzw. $h = 2$ (D) in den noch aeroben oberen Horizonten der beiden unteren Abschnitte. Nach dem Hochwassereinbruch wird sie am 28. Juli nicht und am 25. August mit $h = 1$ bei D gefunden; am 1. November ist sie dagegen in allen vier Abschnitten wieder vertreten: mit $h = 3$ bei A, mit $h = 2$ bei B und mit $h = 1$ bei C und D. HwSp: 1951 bis 1953 nicht angetroffen. 1954 Mitte August und Mitte September in drei bzw. zwei Abschnitten, meist mit $h = 1$ und nur am 17. August mit $h = 2$ bei G.

C. r. gilt bei Wagler als rein litoral (oder in kleineren Gewässern zwischen Wasserpflanzen auftretend). Sie wird unmittelbar als Charakterform gut gedüngter Teiche gekennzeichnet. Rylov führt sie unter den Planktern nicht auf, Kolkwitz dagegen weist darauf hin, daß sie auch im Plankton vorkomme. Er führt sie unter *o* auf mit dem Hinweis, daß sie auch nach *b* neige. Die Art muß hier als *b* bis *o* mit dem Saprobiegrad $s = 1^2/_3$ bewertet werden.

Ceriodaphnia quadrangula

BlSp: 1951 in zwei Proben mit $h = 1$ bei D und WeB. 1954 zeitlich zusammen mit *C. reticulata* am 29. Juni mit $h = 2$ bei D. Auch bei den folgenden Terminuntersuchungen in zwei Abschnitten (Ende Juli und Ende August) oder in allen vier Abschnitten (1. November), aber stets nur $h = 1$. HwSp: 1951 und 1952 nicht bemerkt. 1953 am 16. Juni mit $h = 1$ bei Otb. 1954 tritt die Art auch in der HwSp zeitlich zusammen mit *C. reticulata* auf. Ebenfalls in allen Proben nur $h = 1$, aber die Anzahl der Proben, in denen sie auftritt, nimmt von Termin zu Termin zu: Am 17. August zwei Abschnitte, am 14. September drei und am 2. November alle vier.

C. quadrangula ist die häufigste planktische Species des Genus. Nach Wagler ist sie ein charakteristischer Plankter in Teichen, doch auch in größeren, aber vorwiegend eutrophen Seen. Nach Rylov ist sie im Pelagial der Seen zwar oft, aber immer nur vereinzelt anzutreffen; diese Charakterisierung trifft für beide Saaletalsperren zu. Rylov führt als zweite planktische Art der Gattung *C. pulchella* G. O. Sars auf, die z. B. von Schneider (1913) angehäuft in der Sprungschicht westfälischer Talsperren beobachtet wurde. Bei Wagler gilt *C. pulchella* nicht mehr als selbständige Art, sondern als Varietät von *C. quadrangula*. Die Species wird hier wie *C. reticulata* mit $s = 1^2/_3$ bewertet.

Moina rectirostris

BlSp: Erstmalig am 29. Juni 1954 mit $h = 2$ bei D. Später nur zweimal mit $h = 1$ bei C bzw. A. HwSp: Nicht gefunden.

Die Art kommt nach Rylov im Plankton stark erwärmter kleiner Gewässer mit Schlammboden und meist wenig durchsichtigem Wasser vor, nach Wagler in Teichen, auch in größeren und tieferen. Bei Liebmann und Kolkwitz gilt *M. r.* als eindeutig *b*. Sie wird daher hier mit $s = 2$ bewertet. Eine große Rolle spielt sie in den Saaletalsperren nicht, da die Großstaubecken nicht zu den Gewässern zählen, die die Species bevorzugt.

Bosmina longirostris

BlSp: 1951 im Sommer vorhanden, meist $h = 2$, seltener $h = 1$ und nur einmal $h = 4$ am 26. Juli bei D. 1954 zwei Maxima: Erstes Maximum mit Massenentwicklung ($h = 5$) am 29. Juni bei C in den noch aeroben oberen Horizonten. Nach dem Hochwassereinbruch zunächst nur $h = 1$ bis $h = 2$ in den unteren und mittleren Abschnitten; am 1. November zweites Maximum mit $h = 3$ (A) und $h = 4$ (B) im oberen Teil der BlSp; im unteren nur $h = 2$. HwSp: 1951 bis 1953 zuweilen vereinzelt mit $h = 1$, nur am 12. Mai 1952 mit $h = 3$ bei Prw und am 6. Oktober 1953 mit $h = 2$ bei Grz. 1954 ist *B. longirostris* viel häufiger. Schon am 9. April in allen Abschnitten, wenn auch meist nur $h = 1$; am 15. Juni erstes Maximum mit $h = 3$ oder $h = 2$ in den vier Abschnitten. Im Juli zurückgehend. Mitte August nur vereinzelt bei E. Im September wieder zunehmend und am 2. November zweites stärkeres Maximum mit Massenentwicklung ($h = 5$) bei E, $h = 3$ bei F und G und $h = 2$ bei H.

B. longirostris ist nach Rylov sehr verbreitet und gewöhnlich, vom kleinen Tümpel bis zum Pelagial der größten Seen, vorwiegend epilimnisch in der warmen Jahreszeit, selten perennierend; die Art gilt bei ihm als *b*. In den Saaletalsperren, vor allem in der HwSp, ist die Förderung der Species durch zunehmende Saprobisierung sehr deutlich. Das Anfang November beobachtete zweite Maximum, das in der HwSp sogar stärker ist als das erste Maximum im Sommer, zeigt wiederum für einen Plankter die Überlagerung des sonst maßgebenden Temperaturfaktors durch den Saprobiegrad bzw. Eutrophiegrad. Kolkwitz führt *B. l.* unter *o* auf mit dem Hinweis, daß sie auch zur mesosaproben Lebensweise neige. Für den Fall der Saaletalsperren kann *B. longirostris* nur als eindeutig *b* mit $s = 2$ bewertet werden.

Bosmina coregoni

BlSp: Nicht festgestellt. HwSp: Fehlt 1951 und 1952. Trat erstmalig 1953 in zwei Proben am 6. Oktober im unteren Teil der Sperre auf. Im Frühjahr und Sommer 1954 ist *B. coregoni* häufiger als *B. longirostris*. Erscheint zusammen mit *B. l.* am 9. April meist schon mit $h = 2$ und hat am 15. Juni ebenfalls ein Maximum mit $h = 3$ in allen Abschnitten. Im Juli und August meist $h = 2$ und damit bedeutend häufiger als *B. l.*; am 14. September aber nur noch ganz vereinzelt und am 2. November verschwunden. Wundsch fand *B. longirostris* in der Edertalsperre und im Stausee Turawa, *B. coregoni* in der Talsperre Ottmachau; in seinen Proben vom Juli 1943 aus der Saaletalsperre dagegen treten beide Arten nicht auf.

B. coregoni ist weit verbreitet, vor allem im Seenpelagial. Die Species bildet eine große Fülle von Lokalrassen, von denen zuweilen mehrere nebeneinander in einem See vorkommen (Rylov). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnte bei *B. coregoni* ebensowenig wie bei *Daphnia longispina* an eine Analyse der Biotypen gedacht werden. Kolkwitz führt *B. coregoni* unter *o*. Das gilt sicherlich uneingeschränkt für die Formen der „*Longispina*-Reihe", die auch Rylov als *o* bezeichnet, und die vor allem im Pelagial oligotropher Seen leben. Von den zahlreichen Formen der „*Coregoni*-Reihe" kommt aber eine ganze Anzahl bevorzugt in mehr oder weniger eutrophen Gewässern vor (Wagler). Die in der HwSp auftretenden „großen Bosminen" sind deutlich durch eine Saprobisierung bzw. Eutrophierung des Wassers gefördert worden. Im Gegensatz zu den „kleinen Bosminen" (= *B. longirostris*) sind sie aber bei der verstärkten Zufuhr der Restbelastung aus dem Hypolimnion der BlSp im Herbst 1954 nicht zu einem zweiten (bei *C. longirostris* sogar stärkeren) Maximum angeregt worden, sondern verschwunden. Es erscheint daher richtig, die hier vorliegenden Formen von *B. coregoni* als in der Mitte zwischen *o* und *b* stehend mit $s = 1\frac{1}{2}$ zu bewerten.

Familie Chydoridae

Mit Ausnahme der anschließend besprochenen Species *Chydorus sphaericus*, die auch fakultativ planktisch vorkommt, sind die zahlreichen Gattungen und Arten dieser Familie an das Substrat gebunden und bewohnen kleine Gewässer oder das Litoral von Seen. Sie wagen sich nur selten ins freie Wasser (Wagler). Von den hierher gehörenden Formen sind einige zufällig, aber stets nur $h = 1$, auch in Planktonproben geraten. In beiden Talsperren wurde *Alona quadrangularis* festgestellt, einmal in der BlSp und viermal in der HwSp. Nur je einmal in der HwSp traten auf: *Rhynchotalona rostrata*, *Leydigia leydigii* und *Chydorus globosus*. Für die Beurteilung des Planktons haben sie keine Bedeutung.

Chydorus sphaericus trat in der BlSp 1951 am 25. Mai mit $h = 1$ bei Harra auf. 1954 nach dem Hochwassereinbruch am 28. Juli mit $h = 2$ bei B und am 25. August mit $h = 1$ bei C und D. HwSp: Mehrfach mit $h = 1$, erstmalig am 16. Juni 1953 bei G, dann ab Sommer 1954 bei E oder F.

Rylov bezeichnet die einzige fakultativ planktische Chydoride *Chydorus sphaericus* als *b* und *o*. Liebmann rechnet sie zur typischen Lebensgemeinschaft stehender oder langsam fließender Gewässer der *b*-Stufe; Kolkwitz führt sie nicht auf. Hier wird *C. sphaericus* als *b* mit $s = 2$ bewertet.

Polyphemus pediculus

BlSp: 1954 mit $h = 1$ in einigen Proben aus dem unteren Teil der Sperre. HwSp: Nur einmal vereinzelt bei E.

Die Art lebt in kleinen Gewässern und im Litoral der Seen. Das Auftreten einzelner Exemplare im Plankton der Saaletalsperren ist rein zufällig und gibt über die Verbreitung der Species keine verläßlichen Hinweise. Am hohen Ufer der Talsperren lebt *P.* offenbar stellenweise in großen Schwärmen in der Wasserrandzone (vgl. den späteren Abschnitt über das Benthos der HwSp). Eine Bewertung der Tychoplankter ist nicht angängig.

Leptodora kindtii

BlSp: 1951 nur $h = 1$ am 20. September bei D und WeB. 1954 nicht wieder beobachtet. HwSp: In den Stichproben 1951 und 1952 wiederholt angetroffen; größte Häufigkeit einmal (22. September 1951) $h = 3$. Am 16. Juni 1953 $h = 3$ bei Otb und $h = 2$ bei G. 1954 ab Juni

meist in mehreren Abschnitten, zuweilen in allen, jedoch meist $h = 1$, seltener $h = 2$. Die Häufigkeit $h = 3$ wurde 1954 nicht beobachtet; jedoch ist zu bedenken, daß das relativ große Tier (bis 12 mm Länge) nie in solchen Massen auftreten kann wie die übrigen Cladoceren und daß die Häufigkeitsstufe $h = 2$ für *Leptodora* schon ganz beachtlich ist. Am 2. November 1954 noch vereinzelt bei E. Die im Sommer und Herbst 1954 gefundenen Tiere waren meist auffällig groß. Da sich *L.* in gewöhnlichen Apsteinschen Planktonnetzen schlecht fängt, weil sie vor dem Netz fliehen kann, wurden speziell bei *L.* zur Beurteilung der Häufigkeit die parallelen Fänge mit der Siebdredsche auf Großplankter zu Rate gezogen. Wundsch fand im Juli 1943 *L.* in der BlSp nicht, in der HwSp dagegen mit 10 i/l.

Leptodora ist nach Rylov und Wagler eine monozyklische Sommerform. In dieser Weise tritt sie auch in der HwSp auf. Kolkwitz betrachtet sie als *o*. Auch bei Liebmann ist sie ausschließlich in der typischen *o*-Biocönose aufgeführt. Mir scheint es, daß *L.* zwar durch stärkere Saprobisierung ungünstig beeinflußt wird, daß sie aber andererseits bei einer gewissen „Düngung" des Wassers gefördert wird, vielleicht weil sie als Raubtier dann eine stärkere Entwicklung ihrer Nahrungstiere vorfindet und so besonders gut gedeihen kann. Ich stufe daher hier *Leptodora* als *o* bis *b* ein und bewerte sie mit $s = 1^1/_3$.

*

Nach den Cladoceren folgen nunmehr die Copepoden. Für deren ökologische Beurteilung und Einstufung ins Saprobiensystem finden sich in der einschlägigen Literatur meist nur wenige und allgemeiner gehaltene Angaben. Das liegt zum Teil sicher daran, daß die Arten schwerer zu erkennen und meist nur dann zu bestimmen sind, wenn man jedes Tier einzeln vorbereitet. Wundsch führt in seiner Tabelle des Planktons verschiedener Großstaubecken auch nur Sammelangaben unter „*Diaptomus*", „*Cyclops* (*strenuus*)" und für die Jugendstadien „Nauplius" an, so daß Vergleiche nicht möglich sind.

Für die vorliegende Arbeit wurde aus jeder Planktonprobe eine ausreichende Anzahl von Copepoden (meist 15 bis 20) zu Präparaten verarbeitet und dann bis auf die Art bestimmt. Auf Grund dieser Stichproben wurde dann die Häufigkeit der einzelnen Species in den Proben geschätzt. Bei der folgenden Bewertung der Arten kann wegen der mangelhaften Angaben in der Literatur die Einstufung vielfach nur auf Grund der eigenen Beobachtungen vorgenommen werden.

Eudiaptomus vulgaris

BlSp: Erst nach dem Hochwassereinbruch vom Juli 1954 beobachtet. Am 25. August 1954 mit $h = 3$ bei C und $h = 1$ bei B; am 1. November noch vereinzelt bei C und D. HwSp: Nicht festgestellt.

E. vulgaris scheint vorwiegend eine Form nicht stark eutropher Teiche zu sein (Rylov). Die Species wird hier als *b* bis *o* mit $s = 1^2/_3$ bewertet.

Eudiaptomus gracilis

BlSp: 1951 in den Stichproben in wechselnder Häufigkeit, meist $h = 1$ oder $h = 2$, jedoch einmal $h = 4$ (26. Juli bei D). 1954 mit $h = 1$ am 25. Mai bei D, aber am 29. Juni recht häufig ($h = 3$ bei C und $h = 4$ bei D) in den aeroben oberen Horizonten der unteren Abschnitte. Nach dem Hochwassereinbruch zunächst Ende Juli nur vereinzelt, am 25. August jedoch wieder mit $h = 2$ bei B und $h = 3$ bei C und D. Am 1. November bis auf vereinzelte Exemplare aus dem Plankton verschwunden. Vor dem Auftreten von *E. vulgaris* (vgl. oben) handelte es sich bei allen zur Artbestimmung herangezogenen Calaniden stets eindeutig um *E. gracilis*. HwSp: Die Art fehlt in fast keiner Probe. Bei den Stichproben 1951 und 1952 vielfach häufig, am 3. Juli 1952 Massenentwicklung ($h = 5$) in den beiden damals geschöpften Proben bei E und H. Bei

den regelmäßigen Terminproben 1953/54 am 16. Juni 1953 $h = 4$ und am 6. Oktober 1953 $h = 2$. 1954 zunächst im April meist noch vereinzelt, im Mai schon wieder häufiger und am 15. Juni wieder $h = 3$ in den oberen und $h = 4$ in den unteren Abschnitten. Im Juli und August meist $h = 3$: Mitte September und am 2. November im obersten Abschnitt noch $h = 2$ und in den übrigen drei $h = 1$. Eine direkte Massenentwicklung ($h = 5$) wie im Juli 1952 wird 1954 nicht wieder beobachtet. *E. gracilis* war eindeutig der einzige in der HwSp auftretende Calanide.

E. gracilis ist nach Rylov eine in Europa sehr verbreitete und vor allem für das Seenplankton charakteristische Art, die weniger in Teichen auftritt. Kolkwitz führt sie unter *o* auf, gibt aber den Hinweis, daß sie „auch über Schlamm leben" kann. Eine Feineinstufung der Species erscheint etwas schwierig; einmal zeigte sie ausgesprochene Massenentwicklung in der HwSp bei sehr günstigen Wasserverhältnissen (3. Juli 1952), andererseits ist sie auch in den gerade noch aeroben Horizonten der stark belasteten BlSp recht häufig (29. Juni 1954). *E. gracilis* hat offenbar eine große ökologische Breite. Die Art wird hier als in der Mitte zwischen *o* und *b* stehend mit $s = 1\frac{1}{2}$ bewertet.

Macrocyclops albidus

BlSp: Einmal, am 1. November 1954, mit $h = 1$ bei H. HwSp: Nicht festgestellt.

Zufallsfund einer an das Substrat gebundenen Species; für die Beurteilung des Planktons ohne Bedeutung.

Eucyclops serrulatus

BlSp: Nur in einer Probe am 28. Juli 1954 bei B beobachtet, jedoch mit $h = 2$. HwSp: Nicht festgestellt.

Kosmopolitisch verbreitete Art, die ebenfalls nicht rein limnetisch vorkommt (Wagler), sich jedoch im freien Wasser behend und flink bewegen kann; gilt als anpassungsfähigste und am weitesten verbreitete *Cyclops*-Art (Pesta). Vermutlich sind die in die Planktonprobe geratenen Tiere durch die Hochwasserwellen eingespült oder zum Verlassen ihres Substrats veranlaßt worden. Für die Beurteilung des Pelagials sind sie nicht geeignet.

Cyclops vicinus

BlSp: 1951 in allen Proben (mit Ausnahme einer Probe aus dem obersten Teil des Abschnitts A bei Harra) mit $h = 2$ oder $h = 3$. 1954 am 29. Juni ($h = 2$) und am 28. Juli ($h = 3$) nur im untersten Abschnitt D. Am 25. August und 1. November bei B, C und D mit $h = 3$ oder $h = 2$. HwSp: Fehlt selten einmal in einer Probe. 1951 und 1952 in den sommerlichen Stichproben mit Häufigkeiten bis $h = 3$ vor allem in den unteren Abschnitten. Während der Terminuntersuchungen 1953/54 zunächst im Sommer und Herbst 1953 durchweg mit $h = 3$. 1954 am 9. April meist $h = 2$, im Mai und Juni mehrfach auch $h = 3$. Mitte Juli nur vereinzelt in den unteren Abschnitten; dann bis 2. November regelmäßig in allen Abschnitten, jedoch nur $h = 2$ oder $h = 1$.

Die Systematik der „*Strenuus*-Gruppe" ist noch nicht einheitlich. Schmeil und mit ihm andere Autoren rechnen *C. vicinus* (und andere Formen) zu *C. strenuus*, während Rylov und Wagler die beiden Formen als selbständige Species aufführen. Das Material aus den Saaletalsperren wurde nach Rylov und Wagler bestimmt und in „*strenuus*" und „*vicinus*" aufgeteilt. Im übrigen lag eine variationsstatistische Bearbeitung der Sammelart „*strenuus*" außerhalb des Themas der vorliegenden Arbeit.

Kolkwitz erwähnt *C. vicinus* nicht. Unter seinen nach *h* eingestuften Cyclopiden führt er *C. strenuus* auf, jedoch spricht er einmal von „*C. strenuus* S. Fischer"

und im nächsten Satz von „*C. strenuus* Leuk.". Es ist anzunehmen, daß Kolkwitz in beiden Fällen die Sammelart *C. strenuus* s. lat. gemeint hat. Kolkwitz beschreibt „*C. strenuus*" als sehr zähe, manchmal fast anaerob erscheinend und für eine Wasseranalyse wenig geeignet.

Ich beurteile *C. vicinus* (im Sinne der Systematik von Wagler und Rylov) anders als *C. strenuus*. *C. vicinus* halte ich für *b* bis (schwächer) *o*, und ich bewerte diese Form hier mit $s = 1^2/_3$ (vgl. auch die Begründung der Einstufung der folgenden Form *C. strenuus*).

Cyclops strenuus

BlSp: 1951 bedeutend weniger häufig als *C. vicinus*; nur einmal angetroffen, wenn auch mit $h = 3$, am 25. Mai bei D. 1954 bis zum Julihochwasser bedeutend häufiger als *C. vicinus*: Bereits am 29. April und am 25. Mai, wenn auch zunächst noch mit $h = 1$, in den noch aeroben obersten Horizonten verschiedener Abschnitte; am 29. Juni sogar $h = 4$ bei C und $h = 2$ bei D. Nach dem Hochwassereinbruch dann im Juli und im August wieder bedeutend weniger häufig als *C. vicinus*: erst am 1. November wieder etwa gleich häufig. HwSp: Fehlt sowohl in den Stichproben 1951 und 1952 wie in den Terminproben ab Sommer 1953 bis in den Sommer 1954. Erstmaliges Auftreten etwa einen Monat nach dem Julihochwasser 1954 bei der anhaltenden verstärkten Zufuhr der Restverunreinigung aus dem Hypolimnion der BlSp: Am 17. August mit $h = 2$ bei G und $h = 1$ bei H. Am 14. September in allen vier Abschnitten vertreten, bei E und F mit $h = 1$ und bei G und H mit $h = 2$. Am 2. November ist die Form in der HwSp nicht mehr feststellbar, während *C. vicinus* noch vertreten ist.

In beiden Saaletalsperren kommt *C. strenuus* im Gegensatz zu *C. vicinus* unter den am stärksten saproben Verhältnissen vor. Auffällig sind vor allem in der BlSp einmal das Auftreten im April und Mai 1954 (bei Abwesenheit von *C. vicinus*) und die stärkste überhaupt beobachtete Häufigkeit $h = 4$ am 29. Juni bei C (wo ebenfalls gleichzeitig *C. vicinus* fehlt); in der HwSp das erstmalige Auftreten in den Herbstmonaten 1954, bei dem *C. strenuus* teilweise der diese Gruppe sonst vertretenden Form *C. vicinus* überlegen wird. Es ist ganz offensichtlich, daß *C. strenuus* in den beiden Saaletalsperren einen bedeutend höheren Saprobiegrad anzeigt als *C. vicinus*. Offenbar handelt es sich bei diesem *C. strenuus* um die Form, von der Kolkwitz aussagt, daß sie manchmal fast anaerob vorkommt. Ich halte es für richtig, die hier unter *C. strenuus* geführte Form als eindeutig *a* mit $s = 3$ zu bewerten.

Megacyclops viridis

BlSp: Nur einmal am 1. November 1954 bei A. HwSp: 1951 am 22. September vereinzelt bei H; 1954 wiederholt, vor allem im Spätsommer, in mehreren Abschnitten aufgetreten, aber mit einer Ausnahme ($h = 2$ am 14. September bei F) immer nur vereinzelt.

Die Art ist nach Wagler an den Boden gebunden und nie limnetisch; Rylov führt sie auch gar nicht auf. Die Zufallsfunde in Planktonproben geben keinen Aufschluß über die wirkliche Verbreitung der Species und können nicht zur Beurteilung des Pelagials herangezogen werden. Über das Auftreten der Art in der Wasserrandzone der HwSp bei F vgl. weiter unten im Abschnitt über das Benthal der HwSp.

Diacyclops bicuspidatus

BlSp: Nur einmal am 22. August 1951 mit $h = 1$ bei D. HwSp: 1951 bis 1953 nicht beobachtet. 1954 von April bis Juni und wieder am 2. November zwar stets nur $h = 1$, aber mehrfach in zwei von vier Abschnitten.

Rylov führt die Art (unter den Planktern) nicht auf. Nach Pesta ist sie zwar vorwiegend litoral oder Bodenbewohner in größeren und kleineren Gewässern, wird aber auch planktisch angetroffen. Kolkwitz führt sie unter *o*. Es scheint mir aber das Auftreten der Species in der HwSp im Jahre 1954 auf eine Förderung durch (nicht zu starke) Saprobisierung hinzuweisen. Ich bewerte die Art daher hier als in der Mitte zwischen *o* und *b* stehend mit $s = 1\frac{1}{2}$. Die Bewertung für das Pelagial erscheint zulässig, weil diese Species nicht (wie *Megacyclops viridis* und *Acanthocyclops vernalis*) als typische Litoralform (in den Proben aus der Wasserrandzone der HwSp bei F) festgestellt wurde.

Acanthocyclops vernalis

BlSp: 1951 nicht beobachtet. 1954 mehrfach von April bis November meist mit $h = 1$, am 29. Juni aber mit $h = 3$ bei D. HwSp: 1951 bis 1953 nicht im Plankton beobachtet. 1954 von Juni bis November zuweilen mit $h = 1$, immer in den obersten Abschnitten E und F.

Die Species lebt nach Pesta litoral und in größeren Tiefen von Seen, aber auch in kleinen Gewässern. Rylov führt sie unter den planktischen Cyclopiden nicht auf. Die zur Zeit der schlechtesten Wasserbeschaffenheit der BlSp Ende Juni 1954 angetroffene bemerkenswerte Häufigkeit $h = 3$ ist vielleicht durch eine Vertreibung der Tiere von ihrem natürlichen Habitat durch die anaeroben Verhältnisse bedingt gewesen. Für die HwSp gibt das nur 1954 beobachtete planktische Auftreten kein typisches Bild der Verbreitung der Species, denn sie ist 1952, wo sie überhaupt nicht im Plankton auftritt, in der Wasserrandzone bei F keineswegs selten (vgl. weiter unten). Von der Bewertung der Art für das Pelagial muß daher abgesehen werden.

Metacyclops gracilis

BlSp: 1951 nicht beobachtet. 1954 erstmalig zunächst vereinzelt am 29. April und 25. Mai bei C, dann Maximum im noch aeroben Epilimnion mit $h = 4$ bei C und $h = 3$ bei D am 29. Juni. Nach dem Julihochwasser aus den obersten Abschnitten verdrängt, im unteren Teil der BlSp aber die Häufigkeit $h = 3$ haltend. Noch am 2. November in allen Abschnitten mit $h = 2$. HwSp: Fehlt auch hier vor 1954. Tritt 1954 erstmalig vereinzelt am 14. Juli bei H auf; am 17. August schon $h = 2$ in den beiden oberen und $h = 1$ in den beiden unteren Abschnitten. Am 14. September durchweg $h = 2$ und am 2. November durchweg auf $h = 1$ zurückgegangen.

Pesta zitiert Angaben zweier Autoren, daß *M. gracilis* keineswegs planktisch auftrete, wie man nach der Länge der Vorderantennen und der schlanken Körpergestalt vielleicht schließen könne, sondern litoral in Weihern und kleineren Seen lebe. Für die Saaletalsperren trifft das nicht zu; die Species lebt hier eindeutig planktisch im Pelagial.

M. gracilis verhält sich nach Zeitpunkt und Häufigkeit des Auftretens ähnlich wie *C. strenuus*. In der BlSp wird das Maximum 1954 am 29. Juni erreicht, also im Augenblick der stärksten Saprobisierung. Ein Unterschied besteht aber im Auftreten nach der schlagartigen Besserung der Wasserverhältnisse nach dem Julihochwasser: *M. gracilis* geht jetzt nicht so stark zurück wie *C. strenuus*. In der HwSp tritt *M. gracilis* schon einen Monat früher (14. Juli) auf als *C. strenuus* (17. August) und ist auch am 2. November noch vorhanden, während *C. strenuus* an diesem Tage bereits wieder verschwunden ist. *M. gracilis* kann daher nicht so ausgesprochen *a* sein wie *C. strenuus*. Kolkwitz führt die Species nicht auf. Ich stufe sie für die vorliegende Untersuchung als in der Mitte zwischen *b* und *a* stehend mit $s = 2\frac{1}{2}$ ein.

Mesocyclops leuckarti

BlSp: 1951 nur mit $h = 1$ im August und September im untersten Abschnitt (WeB und D). 1954 zunächst wieder nur vereinzelt Ende Juni bei D und Ende Juli bei C; beim Andauern der verstärkten Zuflüsse nach dem Julihochwasser erstmalig am 25. August mit $h = 2$ (C und D). Am 1. November 1954 wieder verschwunden. HwSp: 1951 bis 1953 fehlt die Species in fast keiner Probe, in allen Jahren werden wiederholt Häufigkeitsgrade bis $h = 3$ festgestellt. 1954 ist die Species offenbar nicht mehr ganz so häufig; sie tritt vor allem in den unteren Abschnitten und im Herbst auch bei F meist nur noch vereinzelt auf.

M. leuckarti gilt als häufige und typisch planktische Art. Nach Rylov kommt sie bevorzugt in eutrophen Seen vor; sie ist aber auch aus zahlreichen oligotrophen Seen des Voralpengebietes bekannt geworden. Kolkwitz führt sie unter *b* auf. Dieser Einstufung kann ich für die Saaletalsperren nicht zustimmen. *M. leuckarti* ist hier deutlich etwas weniger saprob als *C. ricinus*, mit dem die Species in der HwSp um den Rang des häufigsten Cyclopiden streitet. War *C. ricinus* als *b* bis (schwächer) *o* mit $s = 1^2/_3$ eingestuft worden, dann kann *M. leuckarti* nur als in der Mitte zwischen *o* und *b* stehend den Saprobiegrad $s = 1\frac{1}{2}$ erhalten.

Thermocyclops dybowskii

BlSp: 1951 nur einmal vereinzelt am 20. September bei WeB. 1954 erscheint die Art am 29. Juni, jedoch gleich mit $h = 3$ in den noch aeroben Horizonten von C. Nach dem Hochwassereinbruch vom Juli meist nur $h = 1$ im unteren Teil der BlSp; am 1. November aber zweites Maximum mit $h = 3$ jetzt im obersten Abschnitt A, in den drei übrigen Abschnitten nur $h = 1$. HwSp: Nur einmal vereinzelt bei der letzten Terminuntersuchung am 2. November 1954 bei H.

T. dybowskii lebt nach Pesta meist als Plankter in Seen und Teichen, aber auch im Litoral und in kleineren Gewässern. Bei Rylov fehlt die Art. Kolkwitz führt sie auch nicht. Das Fehlen der Species in der HwSp (bis auf das vereinzelte Auftreten am 2. November 1954) sowie die Lage der Maxima in der BlSp einerseits kurz vor dem Julihochwasser bei der stärksten organischen Belastung (29. Juni 1954 bei C) und andererseits am 1. November 1954 im obersten Abschnitt A, der die frischen Ablaugen zugeführt erhält, läßt die Art als klar *b* erscheinen. Beim Spätherbstmaximum im Abschnitt A der BlSp hat zweifellos wieder einmal der Faktor der höheren Saprobie den sonst für den Zyklus der Art bestimmenden Temperaturfaktor überlagert. *T. dybowskii* muß hier eindeutig mit $s = 2$ bewertet werden.

Thermocyclops hyalinus

BlSp: 1951 im Sommer im unteren Teil der Sperre recht häufig; erreicht am 26. Juli bei D $h = 4$ und am 22. August bzw. 20. September $h = 3$. 1954 nicht wieder beobachtet. HwSp: In den Stichproben aus den Sommermonaten 1951 bis 1953 meist vorhanden; Häufigkeiten seltener $h \triangleq 1$, meist $h = 2$ und einmal (23. August 1951 bei H) $h = 3$. 1954 ab 15. Juni fast immer anzutreffen, aber meist nur $h = 1$; die einige Male beobachtete Häufigkeit $h = 2$ liegt stets im obersten Abschnitt E. Am 2. November nur noch im obersten Abschnitt E mit $h = 1$.

Rylov schildert die Species als Plankter in Seen, der aber auch oft im Plankton von Teichen erscheint. Die Species gilt als Sommer- (Warmwasser-) Form. Pesta zitiert die Art als zum Typ von *C.* (*Mesocyclops*) *oithonoides* G. O. Sars gehörend. Im Saprobiensystem von Kolkwitz ist nur „*C. oithonoides* Sars" aufgeführt, und zwar unter *o*. Vermutlich ist die hier vorliegende Form darin einbegriffen.

T. hyalinus wird durch stärkere Saprobisierung offenbar vertrieben; das Verschwinden der Species aus der BlSp im Jahre 1954 darf so wohl gedeutet werden. Auch in der HwSp ist die Art im Jahre der stärksten Belastung 1954 eindeutig weniger häufig als in den vorhergegangenen Durchschnittsjahren. Nach der durch-

greifenden Besserung der Wasserverhältnisse in der BlSp nach dem Hochwassereinbruch vom Juli 1954 ist es dieser Art als Sommerform offenbar nicht mehr möglich gewesen, das Gewässer bis zum Herbst wieder zu besiedeln. Eine gewisse leichte Saprobisierung bzw. Eutrophierung scheint aber *T. hyalinus* auch wieder zu fördern. 1954 lag in der HwSp die größere Häufigkeit stets im obersten Abschnitt E, der die Restbelastung aus der BlSp als erster empfängt und in dem gleichzeitig die O_2-Verhältnisse relativ günstig bleiben. Das Auftreten vereinzelter Exemplare dieser Sommerform am 2. November 1954 deutet wiederum auf eine Überlagerung des Temperaturfaktors durch den Saprobiegrad hin. *T. hyalinus* wird daher hier als in der Mitte zwischen *o* und *b* stehend mit $s = 1\frac{1}{2}$ bewertet.

Harpacticoida

Der Zufallsfund eines nicht näher bestimmten Harpacticiden in einer Planktonprobe aus der HwSp ist ohne Bedeutung.

Nauplien

In den Planktontabellen sind die Nauplien aller Copepoden zusammengefaßt mit einer Häufigkeitsziffer angeführt. Eine Bewertung kann natürlich nicht erfolgen, da die Species nicht auseinandergehalten sind. Die Häufigkeitswerte geben aber gewisse Anhaltspunkte für die allgemeine Tendenz der Fortpflanzung und Entwicklung der Copepoden. Diese Verhältnisse sind aus den Tabellen selbst klar abzulesen, so daß hier auf eine nähere Analyse verzichtet werden kann.

Zum Abschluß des Abschnitts über die Entomostracen sei wieder eine Aufstellung der Arten bzw. Formen gegeben, wie sie sich nach der Feineinstufung ins Saprobiensystem gruppieren:

1. oligosaprob bis beta-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 1\frac{1}{3}$)

Daphnia longispina hyalina
Daphnia cucullata
Leptodora kindtii

2. In der Mitte zwischen oligosaprob und beta-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 1\frac{1}{2}$)

Bosmina coregoni
Eudiaptomus gracilis
Diacyclops bicuspidatus
Mesocyclops leuckarti
Thermocyclops hyalinus

3. beta-mesosaprob bis oligosaprob (Saprobiegrad $s = 1\frac{2}{3}$)

Diaphanosoma brachyurum
Ceriodaphnia reticulata
Ceriodaphnia quadrangula
Eudiaptomus vulgaris
Cyclops vicinus

4. Eindeutig beta-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 2$)

Daphnia longispina typica
Moina rectirostris
Bosmina longirostris
Chydorus sphaericus
Thermocyclops dybowskii

5. In der Mitte zwischen beta-mesosaprob und alpha-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 2\frac{1}{2}$)

Daphnia pulex
Metacyclops gracilis

6. Eindeutig alpha-mesosaprob (Saprobiegrad $s = 3$)

Cyclops strenuus

Auch hier sei wieder darauf hingewiesen, daß diese Feineinstufung unter den besonderen Verhältnissen der Saaletalsperren erfolgt ist und keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erhebt.

d) Die Veränderungen durch den Wandel der hydrochemischen Verhältnisse

Um die Veränderungen in der Zusammensetzung des Planktons zu erfassen und die jeweilige Zusammensetzung durch einen einfachen Zahlenwert auszudrücken, wurde nach dem bereits geschilderten Vorgang von Pantle das „gewogene Mittel der Saprobienindices" S errechnet. Für jede Probe wurde die Ziffer des Saprobiegrades s jeder bewerteten Art mit der Häufigkeitsziffer h dieser Species multipliziert und die Summe der Produkte durch die Summe aller Häufigkeiten dividiert. Die Berechnungen erfolgten getrennt für die Rotatorien (S_R) und die Entomostracen (S_E) wie für das gesamte Zooplankton (S_P). Die auf diese Weise für jede Probe erhaltenen Saprobienindices sind für die Bleilochsperre in Tabelle 26 und für die Hohenwartesperre in Tabelle 27 zusammengestellt.

Tabelle 26. Bleilochsperre. Saprobienindex des Planktons in den vier Abschnitten zu verschiedenen Terminen

Tag	A			B			C			D		
	S_R	S_E	S_P	S_R	S_E	S_P	S_R	S_E	S_P	S_R	S_E	S_P
1951												
25. 5.	2,60	2,00	2,50				1,64	1,76	1,71	1,65	2,17	1,80
26. 7.										1,67	1,77	1,73
22. 8.										1,72	1,61	1,68
20. 9.										1,74	1,75	1,75
1954												
1. 11.			(+)			(+)			(+)			(+)
9. 12.			(+)			(+)			(+)			(+)
29. 4.	2,55	3,00	2,73	2,12	3,00	2,29	2,50	2,50	2,50	+	+	+
25. 5.			(+)				2,03	2,50	2,08	1,98	2,17	2,00
29. 6.			(+)	+	+	+	1,97	2,13	2,09	1,67	1,94	1,91
28. 7.	2,20	2,05	2,17	1,62	1,90	1,69	1,64	2,17	1,88	1,80	2,05	1,95
25. 8.	2,07	2,50	2,11	1,73	1,87	1,79	1,65	1,87	1,78	1,68	2,04	1,94
1. 11.	1,71	2,13	2,01	1,83	2,01	1,95	1,79	2,09	1,99	1,85	2,08	2,00

Zeichenerklärung: S_R = Saprobienindex der Rotatorien; S_E = Saprobienindex der Entomostracen; S_P = Saprobienindex des gesamten Zooplanktons. · = kein Plankton in der geschöpften Probe (S_P über 3,50). (+) = kein Plankton nach Augenschein bei der Terminuntersuchung.

Tabelle 27. Hohenwartesperre. Saprobienindex des Planktons in den vier Abschnitten zu verschiedenen Terminen

Tag	E			F			G			H		
	S_R	S_E	S_P	S_R	S_E	S_P	S_R	S_E	S_P	S_R	S_E	S_P
1951												
24. 7.										1,61	1,47	1,51
23. 8.										1,44	1,52	1,47
22. 9.											1,45	1,45
1952												
12. 5.										1,67	1,67	1,67
3. 7.	1,58	1,44	1,52							1,63	1,48	1,54
27. 8.	1,49	1,48	1,49							1,61	1,48	1,56
1953												
15. 6.	1,60	1,47	1,55				1,57	1,52	1,55			
6. 10.							1,66	1,59	1,62	1,61	1,54	1,57
1954												
9. 4.	2,26	1,62	2,03	1,66	1,61	1,63	1,58	1,67	1,62	1,57	1,70	1,64
11. 5.	1,99	1,67	1,91	1,58	1,66	1,61	1,56	1,67	1,60	1,62	1,64	1,62
15. 6.	1,78	1,63	1,73	1,62	1,62	1,62	1,55	1,64	1,60			
14. 7.	1,88	1,71	1,76	1,90	1,57	1,75	1,83	1,60	1,71	1,80	1,70	1,74
17. 8.	1,79	1,71	1,74	1,90	1,68	1,77	1,83	1,84	1,84	1,85	1,79	1,82
14. 9.	1,60	1,73	1,68	1,72	1,79	1,76	1,72	1,95	1,84	1,71	2,02	1,90
2. 11.	1,88	1,82	1,84	1,89	1,87	1,88	1,90	1,95	1,92	1,90	2,03	1,97

Zeichenerklärung: Vgl. Legende zu Tabelle 26, S. 574.

Bei dem gewählten Berechnungsverfahren wird die geringste Belastung durch den Index $S = 1{,}00$ (= eindeutig *o*) ausgedrückt. Da es unter den Planktern keine Vertreter der *p*-Stufe ($S = 4{,}00$) gibt, ist der höchste erreichbare Zahlenwert für das Plankton $S = 3{,}00$ (= eindeutig *a*). Geht der Saprobiegrad über die *a*-Stufe hinaus, so verschwinden alle Vertreter des echten Zooplanktons aus dem Gewässer. Um diese Fälle, in denen das Milieu *p* war, kennzeichnen zu können, werden in den Tabellen Kreuze + oder (+) gebraucht (Erläuterung vgl. Legende zu Tabelle 26). Die Kreuze sind mit über 3,50 liegenden Saprobienindices gleichbedeutend.

Die Zahlenwerte des Saprobienindex werden um so verläßlicher sein, je stärker und vielseitiger das Plankton entwickelt ist. Handelt es sich in einer Probe um nur wenige Arten und bei diesen um nur geringe Häufigkeiten, so ergibt sich zuweilen eine erhebliche Diskrepanz zwischen den Indices der Rotatorien (S_R) und der Entomostracen (S_E); der Index des gesamten Planktons (S_P) liegt dann demjenigen der beiden Teilindices am meisten genähert, der die gerade häufigere Organismengruppe repräsentiert (z. B. B, 29. April 1954; Tabelle 26). Sobald das Plankton aber aus einer größeren Anzahl von Formen sowohl der Rotatorien wie der Entomostracen besteht, stimmen auch die getrennt errechneten Indices beider Gruppen recht gut überein und sind in manchen Fällen sogar fast oder ganz identisch. Das darf wohl als Hinweis dafür angesehen werden, daß die Feineinstufung der einzelnen Species durchweg richtig erfolgt ist.

Knöpp und Pantle errechneten ihre Saprobienindices aus den Saprobiegraden der benthischen Organismen (Ufer- und Bodentiere) für fließende Gewässer. Hierbei reicht die mögliche Amplitude der Zahlenwerte von $S = 1{,}00$ (eindeutig *o*) bis 4,00 (eindeutig *p*); sie kann also um 3,00 *S* schwanken. Beim Plankton können sich die

Zahlenwerte aber nur zwischen $S = 1{,}00$ und $S = 3{,}00$ (eindeutig *a*) bewegen, also um nur 2,00 *S* schwanken. Im vorliegenden Falle bewegen sich die Werte S_P für die Bleilochsperre (Tabelle 26) zwischen 1,68 *S* und 2,73 *S*, für die Hohenwartesperre (Tabelle 27) zwischen 1,45 *S* und 2,03 *S*. Von der möglichen Amplitude von 2,00 *S* werden also in der Bleilochsperre 1,05 *S* und in der Hohenwartesperre 0,58 *S*, in beiden Sperren zusammen 1,28 *S* in Anspruch genommen. Daraus erhellt schon, daß die Errechnung von Saprobienindices auch für das Plankton sinnvoll ist und zu Zahlenwerten führt, deren Amplitude in den Bereich aller Saprobiestufen (mit Ausnahme der *p*-Stufe) hineinreicht. Allerdings beziehen sich die so errechneten Indices nicht wie bei Flüssen auf das ganze Gewässer, sondern nur auf das Epilimnion bzw. nur dessen obere Horizonte; über den biologischen Zustand des Metalimnions oder gar des Hypolimnions sagen sie nichts aus. Das Vorliegen erheblicher vertikaler Unterschiede in der hydrochemischen und hydrobiologischen Beschaffenheit ist aber ein Charakteristikum stehender Gewässer überhaupt. Es besagt nichts gegen den Versuch, die an fließenden Gewässern entwickelten Darstellungsmethoden des Zustandes der Saprobie nun auch einmal für bestimmte Horizonte stehender Gewässer anzuwenden. Dieser Versuch erscheint im Gegenteil um so notwendiger, je mehr mit einer Abwasserbelastung auch stehender Gewässer gerechnet werden muß.

In Verbindung mit dem Vorgang von Pantle ordnen sich die für die Species des Planktons vorgenommenen Feineinstufungen und die „gewogenen Mittel der Saprobienindices" wie folgt in die Zonen der Saprobie ein:

Oligosaprober Bereich $1{,}00 \leqq s \leqq 1{,}50$	$S = 1{,}00$ eindeutig oligosaprob
	$S = 1{,}33$ oligosaprob bis beta-mesosaprob
	$S = 1{,}50$ in der Mitte zwischen oligo- und beta-mesosaprob
Beta-mesosaprober Bereich $1{,}50 < s \leqq 2{,}50$	$S = 1{,}67$ beta-mesosaprob bis oligosaprob
	$S = 2{,}00$ eindeutig beta-mesosaprob
	$S = 2{,}33$ beta-mesosaprob bis alpha-mesosaprob
	$S = 2{,}50$ in der Mitte zwischen beta- und alpha-mesosaprob
Alpha-mesosaprober Bereich $2{,}50 < s \leqq 3{,}50$	$S = 2{,}67$ alpha-mesosaprob bis beta-mesosaprob
	$S = 3{,}00$ eindeutig alpha-mesosaprob
Polysaprober Bereich $3{,}50 < s \leqq 4{,}00$	*S* über 3,50

In der Bleilochsperre liegt im Normaljahr 1951 bei den nur stichprobenartig entnommenen Planktonproben der Saprobienindex im obersten Abschnitt A (einzige Probe am 25. Mai) mit 2,50 genau in der Mitte zwischen *b* und *a*. Für die vier Proben aus dem untersten Abschnitt D und der einzigen Probe von C ergibt sich für die Zeit zwischen dem 25. Mai und 20. September 1951 ein Saprobienindex zwischen 1,68 und 1,80; die Werte bleiben also alle im Bereich *b* bis *o*.

Im extrem abweichenden Jahr 1954 ist in der BlSp vor dem Julihochwasser bei stärkster organischer Belastung entweder kein Plankton vorhanden (*p*-Stufe, *S* über 3,50) oder der Index liegt, soweit aerobe Horizonte vorhanden sind, im *a*-Bereich ($S = 2{,}73$, oberster Abschnitt A) oder im *b*-Bereich ($S = 1{,}91$ bis 2,50; untere drei Abschnitte). Nach dem Hochwassereinbruch sinkt der Index im obersten Abschnitt A bis zum Ende des Jahres stetig auf niedrigere Werte ab und erreicht

das Minimum mit S = 2,01 (eindeutig *b*) am 1. November. Im Abschnitt B erfolgt ein Absinken sogar auf zunächst 1,69 (*b* bis *o*), bei C auf 1,88. Im untersten Abschnitt D, dessen obere Horizonte aerob bleiben, erfolgt keine wesentliche Änderung. Bis zum Ende des hydrologischen Jahres erhöhen sich die Indexwerte der Abschnitte B, C und D aber wieder bis auf $S = 1{,}95$ bis 2,00, also auf den Grad der eindeutigen *b*-Stufe.

In der Hohenwartesperre liegen die Saprobienindices in den Stichproben aus den Jahren 1951 bis 1953 in allen Abschnitten zwischen 1,45 und 1,67; das Plankton ist also in der Mitte zwischen *o* und *b* ($S = 1{,}50$) bis *b* nach *o* (S 1,67). Im Jahre 1954 ist aber der oberste Abschnitt E infolge der verstärkten Zuführung der Restverunreinigung aus der BlSp im zeitigen Frühjahr schon eindeutig *b* ($S = 2{,}03$ am 9. April), während die drei unteren Abschnitte zunächst noch *b* bis *o* bleiben ($S = 1{,}62$ bis 1,64). Nach der Unterbrechung der Zufuhr relativ frischer Ablaugen nach dem Eintritt der Sommerstagnation 1954 in der BlSp sinkt der Saprobienindex des Planktons der HwSp im obersten Abschnitt E langsam und stetig ab, bis ein Minimum mit $S = 1{,}68$ am 14. September erreicht wird. In den unteren drei Abschnitten erfolgt bis zum Julihochwasser praktisch keine Veränderung (S stets zwischen 1,60 und 1,64). Dann erfolgt aber mit steigender Zufuhr stark mit Reststoffen der Sulfitablaugen belasteten Wassers aus der BlSp ein stetiges langsames Ansteigen der Indices in allen Abschnitten der HwSp, so daß die Werte am Ende des hydrologischen Jahres 1954 in allen vier Abschnitten zwischen 1,84 und 1,97, also eindeutig im *b*-Bereich liegen. Diese Maxima des Saprobienindex des Planktons fallen zeitlich zusammen mit den Maxima des PMV-Wertes und den Minima des O_2-Gehalts.

Für die Zeiträume, für die neben den hydrochemischen Terminproben auch nahezu geschlossene Reihen von Planktonproben vorliegen (BlSp: hydrologisches Jahr 1954; HwSp: Periode der Sommerstagnation 1954), ist der Gang der Saprobienindices des Planktons in Abb. 23 (obere Reihe) graphisch dargestellt. In der unteren Reihe

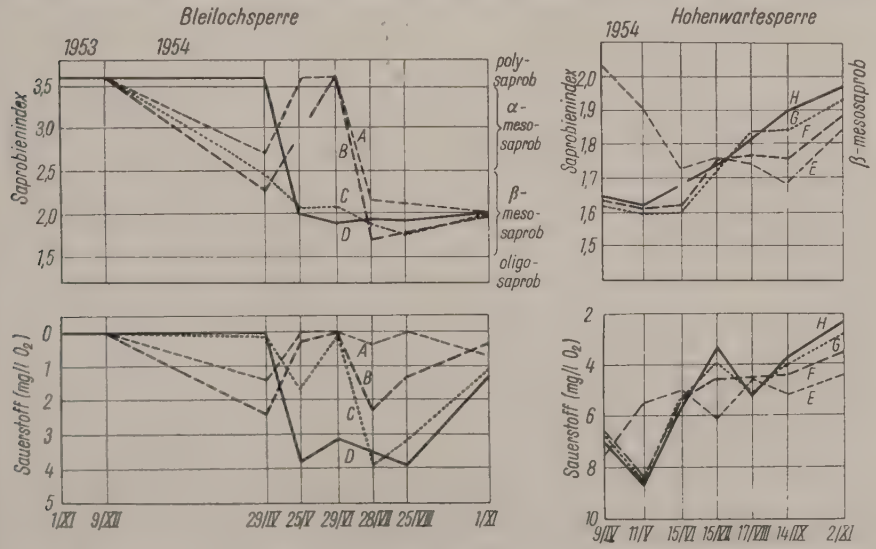


Abb. 23. Saprobienindex des Planktons im Vergleich zum Sauerstoff im oberen Epilimnion.

der Abbildung sind ebenfalls für die je vier Abschnitte der beiden Talsperren die gleichzeitig gemessenen O_2-Werte wiedergegeben, und zwar wurden die Mittel aus den beiden gleichzeitigen Bestimmungen in 0 m und in 2 m genommen.

Es ist ganz offensichtlich, daß der Saprobiegrad des Planktons sehr weitgehend vom jeweiligen O_2-Gehalt des Milieus abhängt. Aber wenn auch das Plankton relativ schnell, vielleicht schon nach wenigen Tagen, in seiner Zusammensetzung auf Änderungen der Umwelt reagieren wird, so kann es doch unmöglich schlagartig starken aktuellen Schwankungen von Tag zu Tag oder gar im Verlauf der Stunden eines einzigen Tages folgen. Solchen starken Schwankungen sind aber die O_2-Werte eines in stärkerem Umfang frisch organisch belasteten Gewässers regelmäßig unterworfen. Der Grundsatz, daß die hydrochemischen Werte häufig Zufallswerte innerhalb eines breiten Schwankungsbereichs sind, während die Biocönose ein gewisses Durchschnittsbild für einen mehr oder weniger langen Zeitraum bietet, gilt auch für das Pelagial eines Sees und das dieses Pelagial bewohnende Plankton.

Eine Übereinstimmung des Saprobienindex mit einem bestimmten O_2-Gehalt kann um so weniger erwartet werden, je höher die Stufe der Saprobie ist und je stärker die Zuführung einer frischen organischen Verunreinigung schwankt. Im Falle der Saaletalsperren ist daher die geringste Übereinstimmung im obersten Abschnitt A der BlSp zu erwarten; auch die BlSp im ganzen muß einen geringeren Grad der Übereinstimmung zeigen als die HwSp mit ihrer niedrigeren Belastung und ihrer viel langsamer und stetiger erfolgenden Veränderung der hydrochemischen Verhältnisse.

Es ist nun bemerkenswert, daß gleichwohl bereits für die BlSp eine weitgehend ähnliche Tendenz im Gang der Saprobienindices der einzelnen Abschnitte und der entsprechenden O_2-Kurven festzustellen ist. In der HwSp ist diese Übereinstimmung noch viel weitgehender. Hier verlaufen vor dem Julihochwasser 1954 nur die beiden Kurven für den obersten Abschnitt E auf den ersten Blick ohne Beziehung zueinander. Die Kurven der Saprobienindices und des O_2 der drei übrigen Abschnitte F bis H, die im übrigen in den beiden Kurvenbildern so nahe zusammenliegen, daß sie praktisch identisch sind, verlaufen schon vor dem Juli 1954 recht ähnlich. Nachdem das Julihochwasser, das ja für die HwSp keinen bedeutenden Umfang hatte, zunächst eine kleine Störung bei den O_2-Kurven hervorruft, ist dann für die Herbstmonate 1954 eine ganz klare und eindeutige Entwicklung festzustellen. In allen vier Abschnitten der HwSp nehmen die Saprobienindices des Planktons ebenso stetig zu wie die O_2-Werte der obersten Horizonte abnehmen. Es ist sehr eindrucksvoll, wie weitgehend übereinstimmend jetzt der Verlauf der Kurven ist und wie in beiden Fällen sich die klare Reihenfolge H—G—F—E im Kurvenbild herausbildet.

Der in der ersten Hälfte der Sommerstagnation vorliegende antagonistische Verlauf der beiden Kurven für E erklärt sich durch den Umstand, daß im Frühjahr 1954 zunächst noch relativ „frische" Sulfitablaugen mit der winterlichen Kurzschlußströmung durch die BlSp in den obersten Teil der HwSp gelangt sind. Dieses Wasser besaß also in gewissem Umfang eine unmittelbare „Düngewirkung" von Reststoffen der Sulfitablaugen. Hier wirkte sich also neben dem O_2-Gehalt des Wassers stärker als im Durchschnitt noch ein zweiter Faktor in spürbarer Weise auf die Zusammensetzung des Planktons aus. Bei der nahezu gleichmäßig und stetig fortschreitenden Saprobisierung der HwSp nach dem Julihochwasser 1954 handelte es sich jedoch um die Ansammlung zunehmender Mengen hypolimnischen Wassers aus der BlSp, dessen Zusammensetzung sich nicht ändert. In diesem Falle ist der O_2 der obersten Horizonte allein ein so guter Indikator für die hydrochemische Änderung des Milieus, daß die aus Abb. 23 ersichtliche fast identische Veränderung des Saprobienindex des Planktons resultiert.

Vor allem das Beispiel der HwSp hat gezeigt, daß das „gewogene Mittel der Saprobienindices", das Pantle für die einfache Darstellung des Saprobiegrades fließender Gewässer vorgeschlagen hat, auch für die Reduzierung des Saprobiegrades des Planktons stehender Gewässer auf einen einfachen Zahlenwert ausgezeichnet brauchbar ist. Die weitgehende Übereinstimmung des Ganges von O_2 und Saprobienindex in allen vier Abschnitten der HwSp im Herbst 1954 scheint mir weiterhin den Schluß zuzulassen, daß die in den beiden vorausgegangenen Abschnitten vorgenommene Feineinstufung der Rotatorien und Entomostracen in das Saprobiensystem durchweg richtig sein muß.

C. Die makroskopische Besiedlung des Benthals der Talsperren

1. Spezielle Methodik, Verzeichnis der Abkürzungen

Die bei den Terminuntersuchungen zunächst in der Siebdredsche ausgespülten und dann mit Formol konservierten Greiferfänge wurden später im Laboratorium ausgewertet. Bei allen Proben wurden grundsätzlich sämtliche Tiere aus dem Siebrückstand (Detritus, Steinchen, Wurzelfasern usw.) ausgelesen, nach Gruppen gezählt und nach Gruppen gewogen. Das Wägen geschah auf einer Waage mit 0,1 mg Genauigkeit. Zum Wägen wurden die Tiere einer Gruppe zu einem Klümpchen auf Filtrierpapier vereinigt und soweit von der anhaftenden Flüssigkeit befreit, daß die Klümpchen keine Feuchtigkeitsspuren auf dem Filtrierpapier mehr hinterließen, ohne daß dabei jedoch Druck angewendet wurde.

Die Ergebnisse der Auswertung der Greiferfänge sind in den folgenden Abschnitten in Tabellen wiedergegeben. Die Zahlen dieser Tabellen sind die tatsächlich festgestellten Stückzahlen und Gewichte der Tiere der betreffenden Probe. Sie beziehen sich also auf die Fläche des benutzten Ekman-Greifers von 225 $cm^2 = {}^1/_{44}$ m^2. Es ist vielfach üblich, die Zahlenwerte von Greiferproben auf eine Einheitsfläche von 1 m^2 umzurechnen und auch Berechnungen der Gesamtbesiedlung etwa des Profundals eines großen Sees durchzuführen. Dieses Verfahren ist sicher sinnvoll, wenn es sich um Proben von einem einheitlichen und sehr gleichmäßig besiedelten Substrat von großer Flächenausdehnung handelt, wie es im Profundal großer natürlicher Seen vielfach vorliegt, und wenn eine entsprechend große Anzahl von Proben von diesem einheitlichen Substrat vorliegt. Solche Umrechnungen führen aber meines Erachtens zu völlig irreführenden Angaben, wenn nur einzelne stichprobenartige Greiferfänge vorliegen, in denen manche Tiere nur vereinzelt und mehr oder weniger zufällig vorkommen, und wenn das Substrat und seine Besiedlung offensichtlich von Probestelle zu Probestelle stark wechseln. Sind bestimmte Arten oder Tiergruppen in solchen Greiferfängen zuweilen in einem, zwei oder drei Exemplaren anzutreffen, so ist es einwandfrei richtig, diese Zahlen und das festgestellte Gewicht dieser Tiere für die betreffende Greiferprobe anzugeben. Werden aber statt dessen 44, 88 oder 132 Tiere je m^2 angegeben, so sind diese Zahlen mit Sicherheit absolut falsch. Eine Multiplikation dürfte dagegen auch bei Stichproben dann statthaft sein, wenn es sich um sehr zahlreiche und in allen Greiferfängen regelmäßig auftretende Tiere handelt sowie (bei ausreichender Anzahl der Tiere) bei den Summen aller Tiere und deren Gesamtgewicht. Es werden daher im folgenden Text bei der Diskussion der Ergebnisse dort, wo es sinnvoll erscheint, zuweilen auch auf eine Einheitsfläche umgerechnete Werte genannt werden.

Den Zahlenangaben von Wundsch (1949) lagen offensichtlich in allen Fällen stets nur einzelne Greiferfänge zugrunde, die ebenfalls mit einem Bodengreifer von 225 cm^2 Fläche gewonnen wurden, denn alle Zahlen der Tabellen bei Wundsch sind durch 44 teilbar. Zum Vergleich dieser Befunde von Wundsch in den Saaletalsperren mit den eigenen Ergebnissen werde ich alle von Wundsch mitgeteilten

Zahlen durch 44 dividieren, um sie wieder auf die Fläche des Ekman-Greifers zu reduzieren.

Eine größere Anzahl der Greiferfänge wurde nach dem Auslesen und Wägen der Tiere im Lichtbild festgehalten; ein Teil dieser Bilder ist in den Abb. 24 bis 39 wiedergegeben. Die Tiere der Greiferfänge sind dabei in einem Rahmen von 15×15 cm Seitenlänge verteilt, also auf einer Fläche, die der Fläche des benutzten Bodengreifers entspricht. Auf diese Weise demonstrieren diese Bilder nicht nur die Zusammensetzung der Tierwelt und die relative Größe der einzelnen Individuen, sondern auch die tatsächliche Besiedlungsdichte auf der Fläche. Solche photographischen „Produktionsdiagramme" ziehe ich den von anderen Autoren zuweilen gebrachten gezeichneten Produktionsdiagrammen vor, da ich sie für objektiver halte, vor allem, wenn es sich in einer Probe um eine größere Anzahl von Tieren handelt. Es ist ganz unmöglich, etwa einige hundert oder 1000 Oligochaeten einer einzigen Probe auch nur einigermaßen maßstabgerecht zeichnerisch wiederzugeben.

In den Tabellen der Greiferfänge und weitgehend auch im Text wird wieder eine Reihe von Abkürzungen benutzt, die in der folgenden Übersicht zusammengestellt sind.

1. Bezeichnung der Probenstellen im Gebiet der Bleilochsperre:

BlSp	Bleilochsperre
ABB	Ausgleichsbecken Burgk (Station 21)
ABW	Ausgleichsbecken Wisenta (Station 24)
C	Höhe Saalburg (Station 16)
D	oberhalb Sperrmauer (Station 18)
Kbd	Klosterboden (im mittleren Abschnitt D, links)
Klo	Höhe Kloster (im mittleren Abschnitt D, rechts)
Lhm	Höhe Lemnitzhammer (Station 8)
RB	Remptendorfer Bucht (unterer Abschnitt D, links)
Skr	Höhe Sühnekreuz (mittlerer Abschnitt D, links)
WB	Wetterabucht (unterer Abschnitt D, rechts)

2. Bezeichnung der Probenstellen im Gebiet der Hohenwartesperre:

HwSp	Hohenwartesperre
ABE	Ausgleichsbecken Eichicht (Station 46)
E	Höhe Linkenmühle (Station 35)
F	Höhe Hopfenmühle (Station 38)
G	Höhe Saaltal (Station 41)
H	oberhalb Sperrmauer (Station 43)
Con	Höhe Conrod-Kraftwerk (Station 34)
Dra	Höhe Drachenschwanz (Station 37)
Flb	Höhe Fleischersbach (Station 36)
Grz	Höhe Grätz (Station 40)
LoB	untere Lothrabucht (im oberen Abschnitt H)
Lot	Höhe Lothrabucht (Station 42)
NbW	Höhe Neidenbergaer Wiesen (oberer Abschnitt H)
Otb	Höhe Otterbach (Station 33)
Por	Höhe Portenschmiede (im mittleren Abschnitt F)
Prw	Höhe Preßwitz (im mittleren Abschnitt H)
PwE	Höhe Preßwitzer Ecke (mittlerer Abschnitt H, rechts)
Shs	Höhe Saalhaus (Station 39)
Tro	Höhe Troschkau (Grenze der Abschnitte E/F)
Zop	Höhe Zoptebucht (im mittleren Abschnitt H)

3. Bezeichnung der Greiferproben:

BG und laufende Nummer 1 bis 15: Greiferfang aus der BlSp
HG und laufende Nummer 1 bis 69: Greiferfang aus der HwSp

4. Bezeichnung des Substrats:

Dt Detritus
Fg Fester Grund (hart oder felsig)
Ft Fontinalis
Gn Alte Grasnarbe
Pf Grobe Pflanzenreste (Wurzeln, Koniferennadeln, Ästchen usw.)
Sd Sand; sd sandig
Sl Schlamm, Schlick; sl schlammig, schlickig
Sp ausgesprochen Saprobel (H_2S-Faulschlamm)
St Steine, Schotter
Tn Ton; tn tonig

br braun
gr grau
sz schwarz
d dunkel
h hell
f fein
g grob
e etwas
m mittel
v viel
w wenig
s sehr (sv sehr viel, sw sehr wenig usw.)

5. Bezeichnung von Tendipediden-Jugendstadien:

Pelopiini (PP) *Procladius — Psilotanypus*
Pelopiini (Pv) *Psectrotanypus, varius*-Gruppe
Pentaneurini (Pl) *Pentaneura* (= *Ablabesmyia*), *lentiginosa*-Gruppe

2. Die Bleilochsperre

Das Benthal der BlSp erwies sich in weiten Bezirken als frei von makroskopisch sichtbarer tierischer Besiedlung. Die Profundalregion im Hauptteil der Sperre ist in Normaljahren nur im unteren Teil des untersten Abschnitts D besiedelt, wo das Hypolimnion nur für wenige Wochen ganz anaerob wird. Makroskopische Bodentierwelt findet sich ferner im obersten Abschnitt A, wo er im Bereich der Strömung des Zuflusses noch gerade aerob bleibt (Gebiet um Harra oder Lemnitzhammer, je nach Pegelstand). In der Wasserrandzone ist ein von der Wasseroberfläche bis ins Metalimnion hineinreichender Gürtel besiedelt, wiederum, soweit die betreffenden Horizonte über eine ausreichend lange Zeit des Jahres hinweg wenigstens einen geringen O_2-Gehalt bewahren.

Eine sehr gründliche Untersuchung des Benthos versprach bei der BlSp keine Erkenntnisse von wesentlicher Bedeutung. Die Probenentnahme beschränkte sich daher im Normaljahr 1951 auf 12 Greiferfänge im Sommer und Herbst, zu denen noch je eine Probe aus den beiden zum Gebiet der BlSp gerechneten Ausgleichsbecken Burgk und Wisenta treten. Im Frühjahr 1954 hatten einige Stichproben ergeben, daß das Profundal auch des untersten Teiles oberhalb der Sperrmauer jetzt frei von makroskopischer Besiedlung war, nachdem einige Monate lang das Hypolimnion der BlSp ganz anaerob und mit H_2S angereichert gewesen war. Es wurde daher 1954 auf weitere Greiferproben verzichtet, mit Ausnahme einer einzigen Probe aus dem obersten Abschnitt der BlSp bei Lemnitzhammer (Station 8) am Tage der letzten Terminuntersuchung (1. November 1954). Die insgesamt 15 Greiferproben aus dem Gebiet der BlSp sind in Tabelle 28 zusammengestellt. Die Ergebnisse können wiederum mit Befunden von Wundsch (1949) aus dem Juli 1943 verglichen werden.

Tabelle 28. Bleiloch

Tag	26. 7. 1951				22. 8. 1951
Nummer BG	1	2	3	4	5
Ort	Klo	Klo	RB	RB	D
Tiefe (m)	3	6	18	18	45
Substrat			mv Dt	mv Dt e Sd	mv Dt Sp
A. Anzahl der Tiere					
Pelopiini (PP)	1	.	.	.	.
Pelopiini (Pv)	.	.	.	.	.
Tanytarsini	.	.	.	.	.
Tendipedini	9	.	1	4	.
Tendipediden	10	.	1	4	.
Oligochaeten	51	15	188	96	1244
Pisidium	.	.	.	.	.
Summe der Tiere	61	15	189	100	1244
B. Gewicht der Tiere					
Tendipediden	?	.	4,2	6,8	.
Oligochaeten	10,7	24,1	96,2	41,4	900
Pisidium	.	.	.	.	.
Gesamtgewicht (mg)	?	24,1	100,4	48,2	900

Die Zusammensetzung der Tierwelt des Profundals der BlSp, soweit es überhaupt makroskopisch besiedelt ist, ist recht einförmig; sie besteht aus Oligochaeten, Jugendstadien von Tendipediden und, wenn man das untere Ausgleichsbecken Wisenta hinzurechnet, Pisidien.

Tendipediden-Jugendstadien (durchweg Larven, zuweilen auch Puppen) kommen im Hauptbecken der BlSp nur in einer Probe (BG 1) bei Kloster aus 3 m Tiefe vor. In den beiden großen Seitenbuchten des untersten Abschnitts der BlSp, in der Wettera- und der Remptendorfer Bucht, finden sich dagegen fast regelmäßig Tendipedidenlarven bis in 18 m Tiefe (BG 3, BG 4, BG 11, BG 14). Bei den zum Tribus Tendipedini gehörigen Tendipediden handelte es sich in der BlSp ausschließlich um *Tendipes plumosus*. Die 1951 in zwei Proben auftretenden Pelopiini (BG 1, BG 11) gehörten zur Gruppe *Procladius — Psilotanypus*. Abb. 24 zeigt eine charakteristische Probe aus der Remptendorfer Bucht.

Im Hauptbecken der BlSp fand sich bei Saalburg (C) noch keine makroskopische Besiedlung im Profundal (BG 12). Diese setzt erst weiter abwärts ein und besteht auch in Normaljahren ausschließlich aus Oligochaeten (offenbar ausschließlich *Tubifex*-Arten), die in der Lage sind, für einige Wochen im Jahr, zu Ende der Sommerstagnation, völligen O_2-Schwund und einen gewissen H_2S-Gehalt zu überstehen. Die 1951 im Hauptbecken (Sperrmauerbucht) gewonnenen Greiferproben aus 6 bis 45 m Tiefe enthalten bis maximal 1244 Tubificiden (rund 900 mg) auf der Greiferfläche von 225 cm^2; Gewichte von über 500 mg je Greiferfläche ergeben sich für alle Proben aus dem tiefschwarzen Sapropel über dem alten Flußbett. Ein charakteristischer Greiferfang (BG 5) mit dem Maximum der Tubificiden aus 45 m Tiefe oberhalb der Sperrmauer ist in Abb. 25 wiedergegeben.

sperre. Greiferfänge

23. 8. 1951		20. 9. 1951				30. 10. 1951			1. 11. 1954
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ABB	ABW	Skr	Kbd	D	WB	C	D	RB	Lhm
13,5	9,5	32	12	43	18	33	40	12,5	3,5
Pf fgrSl	svf Dt szSl	w Dt Sp	sw Dt Sd,brSl	w Dt Sp	sw Dt grbrSl	Sp	sw Dt Sp	g Dt	vg Dt svtSl,Sd
.	7	.	.	.	2	.	.	.	5
.	.	.	.	.	.	.	.	.	26
.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
31	16	.	.	.	.	.	.	3	60
31	24	.	.	.	2	.	.	3	91
644	238	50	114	651	787	.	267	19	6
.	6	.	.	.	.	.	.	.	.
675	268	50	114	651	789	0	267	22	97
56,9	30,9	.	.	.	0,4	.	.	25,4	600,2
301,3	118,6	74,7	60,9	561,0	172,2	.	557,3	17,1	5,8
.	35,2	.	.	.	.	.	.	.	.
358,2	184,7	74,7	60,9	561,0	172,6	0	557,3	42,5	606,0

Tendipedidenlarven finden sich im Profundal des Hauptbeckens der BlSp nicht; hier sind auch in Normaljahren die O_2-Verhältnisse zu ungünstig. Interessant sind aber in diesem Zusammenhang die in Tabelle 28 mit aufgenommenen beiden Greiferfänge vom 23. August 1951 aus den beiden Ausgleichsbecken unterhalb der BlSp. Hier bilden die Oligochaeten (Tubificiden) zwar den zahlenmäßig und gewichtsmäßig ausschlaggebenden Teil der makroskopischen Besiedlung, aber neben ihnen treten auch wieder Tendipedidenlarven auf. Im ABB (BG 6) finden sich 31 Tendipediden auf der Greiferfläche; bei allen handelte es sich um *Tendipes plumosus*, die typische Zuckmückenlarve des Faulschlammes im Profundal eutropher Seen. Im anschließend gelegenen ABW (BG 7) sind von 24 Tendipedidenlarven der Greiferprobe noch 16 *Plumosus*-Larven; weitere sieben gehörten zu den Pelopiini (*Procladius* - *Psilotanypus*) und eine kleine Larve zu den Tanytarsini. Während also die O_2-Verhältnisse im Hypolimnion der BlSp das Auftreten von Tendipediden im Profundal auch in Normaljahren nicht mehr gestatten, genügt die geringfügige Belüftung des hypolimnischen Wassers der BlSp auf seinem Wege ins ABB, um hier bereits die mit geringsten O_2-Spannungen auskommenden *Plumosus*-Larven in recht beachtlichen Mengen wieder auftreten zu lassen. 31 Larven von 56,9 mg auf der Greiferfläche würden 1364 Larven von rund 2,5 g je m^2 (25 kg/ha) entsprechen. Das ist eine sehr gute Besiedlung, denn 10 bis 20 (und mehr) *Plumosus*-Larven je Greiferfläche stellen für den Fischereibiologen bereits eine Besiedlungsdichte dar, die ihn veranlassen würde, das betreffende Gewässer in die Wertstufe „gut" bis „sehr gut" seiner fischereilichen Produktivitätsskala einzureihen. Die weitere nochmalige Belüftung des Wassers auf dem Wege ins ABW bewirkt (Probe BG 7), daß hier neben den *Plumosus*-Larven noch etwas anspruchsvollere Vertreter der Tendi-

Abb. 24. Greiferprobe BG 4, Remptendorfer Bucht, 18 m, mv Dt. e Sd.
26. Juli 1951.

4	Tendipediden	6,8 mg
96	Oligochaeten	41,4 mg
100	Tiere	48,2 mg

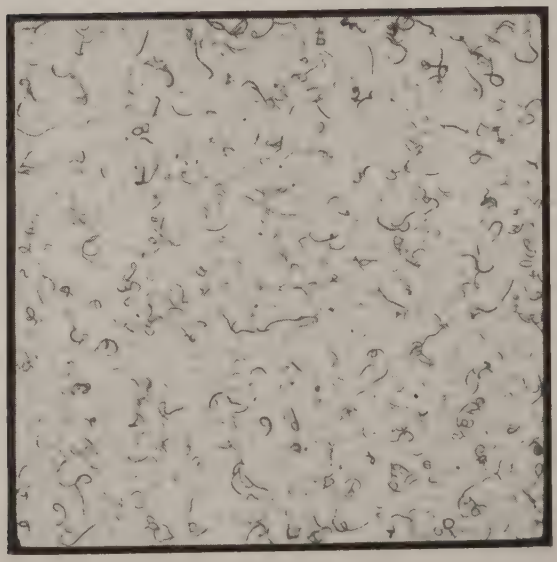


Abb. 25. Greiferprobe BG 5, Sperrmauerbucht (D), 45 m, mv Dt, Sp,
22. August 1951.
1244 Oligochaeten etwa 900 mg

pediden aufzutreten beginnen. Die an sich nur geringfügige Wiederanreicherung des zeitweise völlig ausgezehrten Wassers aus dem Hypolimnion der BlSp mit O_2 prägt sich also sehr deutlich in der Besiedlung des Profundals der Ausgleichsbecken aus.

Die einzige Probe aus dem Jahre 1954, die eine makroskopisch sichtbare tierische Besiedlung enthielt, gleichzeitig auch die einzige aus dem obersten Teil der BlSp, ist in Abb. 26 wiedergegeben (BG 15 vom 1. November 1954 bei Lemnitzhammer).

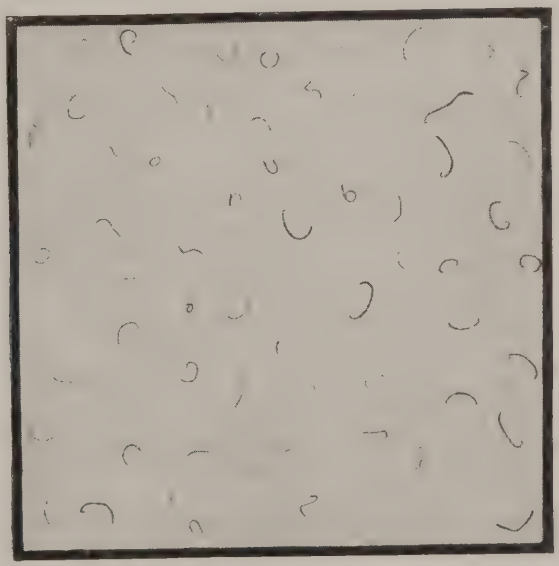


Abb. 26. Greiferprobe BG 15, Lemnitzhammer, 3,5 m, v g Dt, svtSl, Sd, 1. November 1954.

91 Tendipediden	600,2 mg
6 Oligochaeten	5,8 mg
97 Tiere	606,0 mg

Diese Probe enthält neben sechs kleinen Oligochaeten 91 Tendipedidenlarven; hiervon waren 60 Tendipedini (59 *T. plumosus* und eine vermutlich *T.*, *thummi-bathophilus-percurrens*-Gruppe) und 31 Pelopiini (26 *Psectrotanypus*, *varius*-Gruppe und 5 *Procladius* – *Psilotanypus*). Diese Besiedlungsdichte an Tendipediden würde rund 4000 Larven mit 26,4 g/m² (264 kg/ha) entsprechen. Sie ist bezeichnend für die stark eutrophierende Wirkung der Sulfitablaugen, die hier noch frisch mit dem Zuflußwasser der Saale gemischt sind, während gleichzeitig noch gerade ausreichende O_2-Verhältnisse herrschen.

Wundsch (1949) gibt für den 6. Juli 1943 aus der BlSp neben einer Artenliste von Tieren der Wasserrandzone auch Zahlenwerte für acht Greiferproben wieder. Von diesen stammen sechs aus dem „Hauptbecken" zwischen 1 und 35 m Tiefe, die beiden restlichen aus dem obersten Abschnitt bei Mühlberg (meine Station 9) und bei Saaldorf (meine Station 10 = A). Die Probe aus dem „Oberlauf bei Mühlberg" enthielt keine makroskopische Besiedlung; im Fang bei Saaldorf fanden sich 7 *Tendipes plumosus*. Die Verteilung der „Hauptformen von Fischnährtieren" in den sechs von Wundsch mitgeteilten Proben aus dem Hauptbecken ist in Tabelle 29 zusammengestellt.

Die Oligochaeten sind bis auf 1 *Limnodrilus* (Fang aus 1 m Tiefe) als *Tubifex* bezeichnet. Die Tendipedidenlarven, die nicht *T. plumosus* sind, setzten sich in der Probe aus 1 m Tiefe wie folgt zusammen: 5 *Glyptotendipes*, 2 *Polypedilum*,

Tabelle 29. Bodengreiferfänge von Wundsch (1949) aus dem Hauptbecken der Bleilochsperre, 6. Juli 1943. Hauptformen der Fischnährtiere, nach Gruppen zusammengefaßt. Anzahl auf die Greiferfläche (225 cm²) reduziert

Tiefe m	Tendipediden-Larven			Oligochaeten	Tiere insgesamt
	Plumosus	Sonstige	insgesamt		
1	2	22	24	9	33
5	0	0	0	0	0
10	5	2	7	39	46
14	3	0	3	0	3
24	0	0	0	8	8
35	0	1	1	3	4

1 *Pentapedilum*, 3 *Eutanytarsus*, 7 *Cladotanytarsus* und 4 *Procladius*. Bei den 2 „sonstigen" Tendipediden aus 10 m Tiefe handelte es sich um *Cryptochironomus defectus*, bei der Larve aus 35 m Tiefe um *Procladius*.

Beim Vergleich dieser Greiferfänge von Wundsch aus dem Jahre 1943 mit den eigenen Proben aus dem Jahre 1951 fällt zweierlei auf: 1. Außer der mannigfaltigen Tendipedidenbesiedlung der Wasserrandzone fand Wundsch Tendipediden (neben *Plumosus* auch etwas anspruchsvollere Formen) auch im Profundal der Talsperre. 2. Die Gesamtzahl der Tiere, insbesondere der Oligochaeten, ist bei Wundsch auffallend gering.

Das Auftreten von Tendipediden im Profundal der BlSp im Juli 1943 läßt sich nur durch die Annahme erklären, daß damals die Wasserbeschaffenheit im tiefen Hypolimnion günstiger war. Das hydrologische Jahr 1943 selbst war ausgesprochen zuflußarm, jedoch war 1942 normal gewesen, und 1940 und 1941 waren die ausgesprochenen Hochwasserjahre des ersten Halbjahrhunderts (vgl. Abb. 4 und Tabelle 5). Für die epilimnischen Horizonte speziell des obersten Abschnitts A der BlSp war weiter oben das Vorliegen einer überdurchschnittlich günstigen Wasserbeschaffenheit im Juli 1943 zwar ausdrücklich abgelehnt worden. Es ist aber kein Widerspruch zu dieser Auffassung, anzunehmen, daß im Hypolimnion der unteren Abschnitte, in denen sich noch älteres Wasser aus der Zeit der Frühjahrsvollzirkulation 1943 befindet, gleichwohl noch günstigere Verhältnisse vorgelegen haben.

Die auffallend geringe Anzahl vor allem der Oligochaeten in den Greiferproben bei Wundsch ist offenbar auf eine unterschiedliche Behandlung der Greiferfänge zurückzuführen. Es ist in der Fischereibiologie üblich, Bodengreiferfänge durch verhältnismäßig grobe Siebe durchzuspülen, die (neben dem groben Detritus) nur relativ große Tiere zurückhalten. Wundsch spricht ja auch von „Fischnährtieren" des Benthals, nicht von makroskopisch sichtbaren Tieren schlechthin. Die eigenen Greiferfänge wurden nun aber in einer Siebdredsche mit Müllergaze ausgespült, in der (neben dem Feindetritus) auch die kleinen und kleinsten Oligochaeten zurückgehalten wurden. Das Auslesen solcher in feinmaschigen Netzen ausgespülten Greiferproben ist natürlich um ein vielfaches mühsamer als die Registrierung weniger größerer Tiere, die, bereits vom Feindetritus befreit, auf der Fläche eines gröberen Siebes zurückbleiben. Die gröbere Siebmethode ist völlig ausreichend, wenn es nur auf die Feststellung des als Fischnahrung (schon) in Frage kommenden gröberen Anteils des Benthos ankommt. Für exakte limnologische Untersuchungen scheint es mir jedoch notwendig zu sein, die feinere Methode anzuwenden. In ähnlicher Weise wird bei Planktonuntersuchungen bei der Netzmethode das Nannoplankton nicht erfaßt; in diesem Fall scheidet aber eine bestimmte geschlossene Gruppe von

Organismen aus. Wendet man bei Planktonuntersuchungen das Netz und nicht die Zentrifuge an, so weiß man, daß man dabei auf das Nannoplankton verzichtet; man bekommt aber das Zooplankton auch in Netzfängen vollständig. Bei der Anwendung grober Siebe für das Durchspülen von Greiferproben gehen aber die kleinen und kleinsten Individuen der Arten und Gruppen verloren, die man an sich erfassen will; und ich habe den Eindruck, daß das häufig die große Mehrzahl der Individuen ist. So scheint mir, daß vor allem in der fischereibiologischen Literatur die Daten für die Anzahl der Individuen auf der Greiferfläche in der Regel weit unter den tatsächlichen Werten bleiben, während die Gewichtsangaben infolge des hier ausschlaggebenden Anteils der großen Exemplare weit zuverlässiger sind.

Wundsch (1949) führt in einer vergleichenden Zusammenstellung der gesamten Bodenbesiedlung einiger Großstaubecken und einer Anzahl eutropher Flußseen für die Bleilochsperre den Wert von 42 kg/ha an. Diese Zahl ist der niedrigste Wert in seiner Aufstellung; als Maximalwert einer Talsperre werden 222 kg/ha (Turawa) und für märkische Flußseen Werte zwischen 71 und 210 kg/ha genannt. Schon Wundsch beurteilt die relativ geringe Besiedlung des Benthals, wie sie sich aus seinen Proben ergibt, als Verarmung durch die übermäßige Belastung mit Sulfitablaugen.

Eine Berechnung der gesamten Bodentierwelt ist bei den Saaletalsperren recht schwierig, da die Besiedlung von Probestelle zu Probestelle sehr stark wechselt. Um aus den eigenen Untersuchungen für das Normaljahr 1951 wenigstens einen Ausdruck der ungefähren Größenordnung zu gewinnen, sei das Mittel aus den 10 Greiferproben BG 2 bis 5, 8 bis 11 und 13 bis 14 (Tabelle 28) gebildet. Für das makroskopisch besiedelte „Hauptbecken" der Bleilochsperre ergibt sich dann ein Wert von rund 11,2 g Tieren je m^2 = 112 kg/ha. Diese Zahl entspricht fast dem Dreifachen des von Wundsch für 1943 errechneten Wertes.

3. Die Hohenwartesperre

Aus der Hohenwartesperre wurden 69 Greiferproben entnommen, also weit mehr als aus der Bleilochsperre. Die Anzahl und das Gewicht der Tiere dieser Fänge sind in vier Tabellen zusammengestellt. Für das „Litoral" werden die quantitativen Daten der Greiferfänge ergänzt durch zwei qualitative Pfahlkratzerproben aus der Wasserrandzone bei der Hopfenmühle (Tabelle 31). Die Greiferproben verteilen sich zeitlich wie folgt: 4 Proben (einschließlich einer Probe aus ABE) stammen aus 1951 (Tabelle 30 zum Teil), 26 Proben aus 1952 (Tabelle 30 zum Teil, Tabelle 32), 21 Proben aus 1953 (Tabelle 33) und 18 Proben aus 1954 (Tabelle 34). Zum Vergleich stehen wieder Angaben von Wundsch (1949) zur Verfügung, nämlich außer einer Faunenliste der Bodentierwelt (23. Juli 1943) auch die Zahlenwerte von 4 Greiferfängen vom 22. Juli 1943.

Schon die im Jahre 1951 (24. Juli) entnommenen drei Greiferproben aus der HwSp (Tabelle 30) sind recht aufschlußreich. Die Probe HG 2 aus 1 m Tiefe in der Wasserrandzone bei F (Abb. 27) enthält unter 76 Tieren 71 Jugendstadien von Tendipediden, die sich wie folgt auf die systematischen Gruppen verteilen:

Procladius — Psilotanypus	4
Orthocladiinae	10
Tanytarsini	1
Tendipedini	56

Die 56 Tendipedini gliedern sich weiter wie folgt auf:

Tendipes plumosus	2
Tendipes thummi-bathophilus-percurrens	23
Polypedilum, nubeculosum-Gruppe	23
Sonstige Tendipedini	8

Tabelle 30. Hohenwartesperre.

Tag	24. 7. 1951			23. 8. 1951		
Nummer HG	2	3	1	4	5	6
Ort	F	F	Prw	ABE	E	F
Tiefe (m)	1	38	32	6,5	22,5	40
Substrat	Pf Tn	v Dt	w Dt	sw Dt Sd,grbr Sl	Pf grtn Sl	mv Pf df Sl
A. Anzahl der Tiere						
Pelopiini (PP)	4	.	.	3	10	4
Orthocladiinae	10	.	.	.	.	.
Tanytarsini	1	1	.	.	4	.
Tendipedini	56	.	.	.	10	.
Tendipediden	71	1	.	3	24	4
Heleiden	.	.	.	.	.	.
Gammarus	.	.	1	.	.	.
Asellus	.	.	.	.	6	.
Oligochaeten	2	1057	58	26	250	350
Nematoden	3	2	.	.	.	.
Pisidium	.	4	.	1	33	17
Summe der Tiere	76	1064	59	30	313	371
B. Gewicht der Tiere						
Tendipediden	130,0	0,4	.	1,2	84,7	9,2
Heleiden	.	.	.	.	.	.
Gammarus	.	.	0,1	.	.	.
Asellus	.	.	.	.	26,8	.
Oligochaeten	0,4	689,4	40,8	66,6	126,7	242,4
Nematoden	0,4	0,3	.	.	.	.
Pisidium	.	9,1	.	0,4	46,1	10,7
Gesamtgewicht (mg)	130,8	699,2	40,9	68,2	284,3	262,3

Hier herrscht also in ähnlicher Weise eine mannigfaltige Besiedlung mit vorwiegend Tendipediden, wie sie in der im vorangegangenen Abschnitt mitgeteilten Greiferprobe von Wundsch vom 6. Juli 1943 aus der BlSp aus ebenfalls 1 m Tiefe vorgelegen hatte (vgl. Tabelle 29). In beiden Fällen treten andere Bodentiere völlig zurück; unter den Tendipediden selbst sind die für das Profundal eutropher Seen charakteristischen *Plumosus*-Larven ebenfalls nur sehr spärlich vertreten.

In der Probe HG 3 von derselben Station F Hopfenmühle, aber aus 38 m Tiefe aus dem alten Flußbett, finden sich die Oligochaeten (Tubificiden) gleich in Massenentwicklung in einer Stückzahl von über 1000 mit rund 700 mg auf der Greiferfläche. Wundsch kam bei der von ihm angewandten Siebtechnik in einer seiner vier Greiferproben vom Juli 1943 auf 24 *Tubifex*, während er für eine zweite Probe 1 *Tubifex* und für die beiden restlichen keine Oligochaeten aufführt.

Die Probe HG 1 bei Preßwitz (Abschnitt H) ist dadurch bemerkenswert, daß hier in 32 m Tiefe ein winziges Exemplar von *Gammarus* gefunden wurde. Wundsch meldet ebenfalls *Gammarus* (*G. pulex fossarum*) in drei Exemplaren aus einem

Greiferfänge 1951 und 1952 I

12. 5. 1952			3. 7. 1952						
7	8	9	16	15	14	13	12	11	10
G	G	Prw	Con	E	Tro	F	F	Grz	Lot
25	55	50	18	20	28	1	35	27	47
g St swbrSl	v Pf grSl	swg Dt fbrSl	sw Dt Ft	sw Dt grtnSl	w Dt grsdTn	Gn	mv Dt dtnSl	mv Dt slgrSd	swg Dt fgrSl
.	3	.	2	.	2	.	2	.	.
.	.	.	.	.	.	16	.	.	.
.	.	.	.	.	.	5	.	.	.
.	2	.	2	1	1	15	2	.	1
.	5	.	4	1	3	36	4	.	1
.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
.	1	.	1	.	.	.	.	.	.
.	.	1	.	.	.	.	.	.	2
6	83	45	13	4	15	16	66	11	4
.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
.	3	2	23	.	1	.	1	.	.
6	92	48	42	5	20	52	71	11	7
.	10,8	.	11,8	39,8	21,7	25,5	51,7	.	0,9
.	.	.	.	.	4,8	.	.	.	.
.	8,8	.	19,7	.	.	.	.	.	.
.	.	0,6	.	.	.	.	.	.	4,2
8,2	56,7	30,9	15,0	14,2	15,0	2,9	30,2	3,4	4,3
.	.	.	0,4	.	.	.	.	.	.
.	6,2	1,5	33,5	.	3,8	.	1,1	.	.
8,2	82,5	33,0	80,4	54,0	45,3	28,4	83,0	3,4	9,4

Greiferfang von einer Stelle etwa auf der Grenze von E nach F, aber aus nur 1 m Tiefe über einer überstauten Wiese.

Im Sommer 1952 wurden zu drei Terminen Greiferproben entnommen, am 12. Mai (5 Proben), am 3. Juli (7 Proben) und am 27. August (ausgedehnte Reihe von 14 Proben). Bei den 5 Proben vom 12. Mai, die sich auf alle vier Abschnitte der HwSp erstrecken, fällt auf, daß im Profundal der Schwerpunkt der Entwicklung der Oligochaeten (Tubificiden) nicht etwa in der unteren Hälfte der Talsperre liegt, die die größeren Tiefen aufweist, sondern deutlich im oberen Teil. Nur hier werden je Greiferfläche Stückzahlen von 250 (E) und 350 (F) mit Gewichten von mehr als 125 mg erreicht, während die Besiedlung in den Abschnitten G und H weit unter diesen Werten bleibt. Die Probe HG 5 aus dem obersten Abschnitt E ist in Abb. 28 wiedergegeben. Neben den vorherrschenden Tubificiden und einer relativ stark entwickelten Mischfauna von Tendipedidenlarven, unter denen sich auch eine typische große *Plumosus*-Larve befindet, fallen die verhältnismäßig zahlreichen kleinen Pisidien (alles *Pisidium casertanum*) und die Asseln auf. Diese Profundal-

Abb. 27. Greiferprobe HG 2, Hopfenmühle, 1 m, Pf, Tn, 24. Juli 1951.

71	Tendipediden	130,0 mg
2	Oligochaeten	0,4 mg
3	Nematoden	0,4 mg
76	Tiere	130,8 mg

fauna des obersten Abschnitts E ist bereits 1952 als typisch eutroph anzusprechen. Im Gegensatz dazu steht die Besiedlung der unteren Abschnitte der HwSp, für die die Probe HG 8 von Saaltal (G) als Beispiel dienen mag (Abb. 29). Auch hier herrschen zwar zahlen- und gewichtsmäßig die Oligochaeten (Tubificiden) vor, doch ist ihre Entwicklung auf der Fläche erheblich geringer. Neben ihnen tritt, jetzt in einem mittelgroßen Exemplar, wieder einmal *Gammarus* auf. Dieser zweite Fund des Amphipoden (vgl. Probe HG 1), nun sogar aus 55 m Tiefe, ist sehr bemerkenswert. Die zwei zum Tribus Tendipedini gehörenden Zuckmückenlarven sind keine *Plumosus*, sondern Angehörige der *Polypedilum-nubeculosum*-Gruppe. Das Benthos in 55 m Tiefe bei Saaltal ist alles andere als eine eutrophe Profundaltierwelt; es ist eine in die Tiefe gewanderte Tierwelt, die in derselben Zusammensetzung auch im hohen „Litoral" in den Horizonten der „Wasserrandzone" vorkommen könnte.

Zur Zeit der Probenentnahme am 12. Mai 1952 war die HwSp knapp 10 Jahre aufgestaut. Außer im alten Flußbett gibt es noch kaum organische Sedimente. Auch in den Proben aus großer Tiefe kommt immer wieder einmal in deutlichen, noch weitgehend unzersetzten Resten die alte Grasnarbe zum Vorschein, wo ehemaliges Wiesengelände überstaut worden ist. Im größeren unteren Teil der Talsperre unterscheidet sich die profundale Region des Benthals (mit Ausnahme des alten Flußbettes) bisher nur in zwei Punkten deutlich von der Zone des „litoralen" Gürtels: das sind die Lichtverhältnisse und — im Sommer — die Temperaturen. Detritusfresser und Carnivore, die weder im Sommer die höheren litoralen Wassertemperaturen vorziehen noch das Licht aufsuchen, finden 10 Jahre nach dem Anstau der HwSp in weiten Bereichen des Profundals praktisch dieselben Substrat- und sonstigen Milieuverhältnisse wie in den nahe der Wasseroberfläche gelegenen Gürteln des „Litorals".

Im Frühjahr 1952 macht sich also die mit dem Zufluß aus dem Hypolimnion der BlSp allmählich eintretende Eutrophierung der HwSp erst in der starken Zunahme

Abb. 28. Greiferprobe HG 5, Linkenmühle, 22,5 m, Pf, gr tnSl, 12. Mai 1952.

24	Tendipediden	84,7 mg
6	*Asellus*	26,8 mg
250	Oligochaeten	126,7 mg
33	*Pisidium*	46,1 mg
313	Tiere	284,3 mg

Abb. 29. Greiferprobe HG 8, Saaltal, 55 m, vPf, grSl, 12. Mai 1952.

5	Tendipediden	10,8 mg
1	*Gammarus*	8,8 mg
83	Oligochaeten	56,7 mg
3	*Pisidium*	6,2 mg
92	Tiere	82,5 mg

der Oligochaeten (Tubificiden) in den beiden oberen Abschnitten E und F und im Auftreten zunächst noch einzelner *Plumosus*-Larven im Profundal des obersten Teiles der Talsperre bemerkbar.

Im Mai 1952 wurden kurze Zeit nach der eben besprochenen Serie von Greiferproben zwei qualitative Proben mit dem Pfahlkratzer aus der Wasserrandzone bei der Hopfenmühle (F) entnommen. Das Substrat bestand aus überstauten und schon in Zersetzung begriffenen Wiesengräsern. Die Ergebnisse der Auszählung der beiden Proben sind in Tabelle 31 zusammengestellt.

Zahlenmäßig beherrschen die Entomostracen das Bild. Unter den Cladoceren ist am häufigsten die typisch litorale Art *Sida crystallina*, die so ausgesprochen substratgebunden ist, daß sie in keiner einzigen Planktonprobe auftrat. In der dicht unter der Wasseroberfläche entnommenen Probe HS 1 ist sie etwa dreimal so häufig wie in der Probe HS 2 aus 1 m Tiefe. Noch ausgesprochener an die oberste Wasserrandzone gebunden erscheint *Polyphemus pediculus*, der zweithäufigste Organismus der

Tabelle 31. Hohenwartesperre. Zwei qualitative Fänge mit dem Pfahlkratzer. Wasserrandzone bei F, 23. Mai 1952. Überstaute Wiesengräser

	HS 1 Tiefe etwa 0,2 m	HS 2 Tiefe 1 m
Nematoda	2	1
Pisidium casertanum	1	
Oligochaeta	15	38
Cladocera:		
Sida crystallina	128	43
Scapholeberis mucronata	6	
Simocephalus vetulus	20	5
Ceriodaphnia quadrangula		1
Eurycercus lamellatus	7	3
Polyphemus pediculus	74	
Copepoda:		
Megacyclops viridis	55	38
Acanthocyclops vernalis	37	38
Hydracarina	1	1
Siphlurella linnaeana	4	
Tipulidae, Larven		4
Tendipedidae, Jugendstadien:		
Pentaneura, binotata-Gruppe		1
Pentaneura, lentiginosa-Gruppe	2	
Orthocladiinae	6	1
Tanytarsini		3
Tendipedini	6	9
Coleoptera, Larven	1	1
Fischeier		4
Landtiere:		
Schnecken (*Cochlecopa lumbrica*)	2	1
Spinnen	1	
Ameisen	14	
Käfer		1

Oberflächenprobe. *P.* trat in beiden Sperren vereinzelt auch als Tychoplankter in Erscheinung. *Simocephalus vetulus*, die dritthäufigste Cladocere der Oberflächenprobe, war in der HwSp nicht im Plankton zu finden, dagegen einmal vereinzelt in der BlSp. *Scapholeberis mucronata*, ein ausgesprochen an die Wasseroberfläche gebundenes Tier, und *Eurycercus lamellatus*, in wenigen Exemplaren in den Pfahlkratzerproben auftretend, sind ausgesprochene Litoralbewohner und finden sich nicht im Plankton.

Die Copepoden sind in beiden Proben ausschließlich durch *Megacyclops viridis* und *Acanthocyclops vernalis* vertreten; beide Arten sind in beiden Proben recht häufig. Sie sind auch mehrfach als Tychoplankter aufgetreten.

Die Tendipediden bieten wiederum ein bunt gemischtes Bild verschiedener Formen, wie es im höheren Bereich des litoralen Gürtels vorzuliegen pflegt.

Von besonderem faunistischem Interesse ist der Fund von vier Larven der Ephemeride *Siphurella linnaeana* Eaton. Diese Species hat offenbar ein sehr zerstreutes Vorkommen. Nach Schoenemund (1930) war die Larve bis dahin in Deutschland noch nicht gefunden. Macan (1951, 1954) fand in 20 Jahren Sammeltätigkeit die Larven einmal in einem kleinen Fließgewässer nahe der Küste Schottlands, niemals aber in England und Wales, später jedoch in Nordirland. Jensen (1951) beschreibt die Art neuerdings aus Dänemark und führt Fundberichte aus Norwegen und Finnland an (zitiert nach Macan). Für Deutschland lagen bisher keine Meldungen über Larvenfunde vor, bis neuerdings Illies (1958) mitteilte, daß er die Larven regelmäßig in der Bachenregion der Fulda gefunden habe. Leider wurden die eigenen Proben aus dem Jahre 1952 erst nach Abschluß der Untersuchungen ausgewertet, so daß der Frage nach der Verbreitung dieser merkwürdig sporadisch auftretenden Ephemeride im Gebiet der Oberen Saale nicht weiter nachgegangen werden konnte.

Die nächste Reihe von Greiferfängen vom 3. Juli 1952 (noch Tabelle 30) erstreckt sich wieder über alle Abschnitte der HwSp. Die Greiferprobe HG 16 von der höchstgelegenen Stelle vor dem Auslauf des Conrod-Kraftwerkes ist in Abb. 30 wieder-

Abb. 30. Greiferprobe HG 16, vor Conrod-Kraftwerk, 18 m, sw Dt. Ft. 3. Juli 1952.

4	Tendipediden	11,8 mg
1	*Gammarus*	19,7 mg
13	Oligochaeten	15,0 mg
1	Nematode	0,4 mg
23	*Pisidium*	33,5 mg
42	Tiere	80,4 mg

Tabelle 32. Hohenwarte-

Tag						
Nummer HG	18	17	19	20	21	22
Ort	Otb	Otb	Con	E	Flb	Dra
Tiefe (m)	2	3	9	13	15	34
Substrat	sv Dt grbrsdSl	w Dt Fg	e brSl Fg	w Dt grSl,Fg	mv Dt grtoSl	mv Dt grbrtoSl
A. Anzahl der Tiere						
Pelopiini (PP) ..	1	.	.	.	1	.
Orthocladiinae ..	.	.	.	.	.	.
Tanytarsini	1	1	.	1	.	.
Tendipedini	23	18	1	1	8	2
Tendipediden	25	19	1	2	9	2
Asellus	.	.	.	.	1	.
Oligochaeten	194	91	68	368	321	203
Nematoden.....	.	.	.	.	.	.
Pisidium.....	.	.	5	17	3	.
Summe der Tiere ..	219	110	74	387	334	205
B. Gewicht der Tiere						
Tendipediden.....	39,0	8,8	1,7	13,9	11,6	27,0
Asellus	.	.	.	.	0,6	.
Oligochaeten	109,4	23,4	23,2	252,3	109,9	102,3
Nematoden.....	.	.	.	.	.	.
Pisidium.....	.	.	14,3	18,7	2,5	.
Gesamtgewicht (mg)	148,4	32,2	39,2	284,9	124,6	129,3

gegeben. Hier mündet der Conrod-Stollen wieder in die Saale bzw. HwSp, der dicht unterhalb Ziegenrück abzweigt und eine reichlich 5 km lange Schleife des früheren Saalelaufes, die heute den obersten Teil der HwSp bildet, abschneidet, um das Gefälle zur Krafterzeugung auszunutzen. Dies Gefälle ist heute bei hohem Anstau der HwSp aufgehoben, aber unterhalb eines bestimmten Pegelstandes nach wie vor nutzbar. In der Nähe der Probenstelle (Station 34) strömt also auch heute noch häufig Saalewasser ein. So verwundert es nicht, wenn als Substrat hier *Fontinalis* vorkommt und unter den Tieren wieder ein *Gammarus* auftritt (es ist übrigens der letzte Fund von *Gammarus* in der Talsperre).

Im übrigen zeigen die Greiferfänge vom 3. Juli 1952 keine Besonderheiten. HG 13 bietet wieder das Bild einer bunt zusammengesetzten Tendipediden-Gemeinschaft aus der Wasserrandzone; die Individuenzahlen der übrigen Proben sind relativ gering; aber nach wie vor ist das Überwiegen der Besiedlungsdichte in den beiden oberen Abschnitten E und F recht deutlich.

Die letzte Serie von Greiferfängen aus dem Jahre 1952 (27. August) ist in Tabelle 32 wiedergegeben. Die 14 Proben dieser umfangreichen Serie stammen wieder aus allen Abschnitten und aus verschiedenen Tiefen. In der Zusammensetzung der Tierwelt und in der Besiedlungsdichte ist keine grundsätzliche Veränderung gegenüber den bisherigen Befunden erkennbar. In den Proben aus dem Profundal ist wieder das deutliche Gefälle der Besiedlungsdichte vom oberen Teil der Sperre zum unteren

sperre. Greiferfänge 1952 II

27. 8. 1952

23	24	25	26	27	28	29	30
F	F	F	Shs	Grz	Grz	G	Prw
1	11,5	29	31	20	39	42	23
wg Dt,Pf Sd,St,brSl	wg Dt Sd,St,brSl	w Dt v dgr f Sl	wg Dt,Pf sw brSl	mv g Dt Pf	mv g Dt f gr Sl	sg Dt	wsg Dt Pf,St,Sd
1	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
11	7	2	.	3	.	1	.
12	7	2	.	3	.	1	.
.	.	.	5	.	.	.	.
41	8	189	10	10	44	6	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	15	.	.	.	.	.
53	15	206	15	13	44	7	0
16,7	23,0	6,2	.	13,4	.	6,9	.
.	.	.	14,9	.	.	.	.
11,8	13,0	197,2	71,5	15,3	48,7	14,5	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	13,9	.	.	.	.	.
28,5	36,0	217,3	86,4	28,7	48,7	21,4	0

hin zu beobachten. Die besonders umfangreiche Serie von Greiferfängen vom 27. August 1952 über das ganze Gebiet der Hohenwartesperre hin aus der Zeit vor der entscheidenden Eutrophierung der Sperre durch die Niedrigwasserperiode 1953/54 soll zu einer überschlägigen Berechnung der damaligen Besiedlungsdichte des Benthals benutzt werden.

Aus den 14 Greiferfängen vom 27. August 1952 errechnet sich eine mittlere Besiedlung von 5287 Tieren mit 3852 mg je m², das entspricht 38,5 kg Tiere je ha. Gegenüber dem im vorhergehenden Abschnitt für das „Hauptbecken" der Bleilochsperre im Jahre 1951 errechneten Wert von 112 kg/ha ist also die Besiedlungsdichte in der Hohenwartesperre 1952 noch recht gering. Sie bleibt weit hinter einer von Wundsch (1949) auf Grund seiner Stichproben aus dem Juli 1943 genannten Zahl von 129 kg/ha zurück. Wundsch errechnete damals für die Edertalsperre, die ebenfalls die Größe der beiden Saaletalsperren hat (rund 200 hm³ Inhalt) und sich unmittelbar mit der Hohenwartesperre vergleichen läßt, eine Bodenbesiedlung von 69 kg/ha. Als Wundsch die beiden Talsperren untersuchte, war die Edertalsperre bereits rund 25 Jahre angestaut und befand sich schon im „biologischen Gleichgewicht", während die Hohenwartesperre gerade im zweiten Jahr angestaut war. Für die Edertalsperre erscheint die von Wundsch für 1943 errechnete Besiedlungsdichte trotz der geringen Anzahl seiner Greiferfänge (8 Proben ohne die aus dem Vorbecken) als ein Wert, der gut in die Reihe der übrigen von ihm für verschiedene

Talsperren und natürliche Seen mitgeteilten Zahlen hineinpaßt. Sein Wert für die Hohenwartesperre entspricht aber keinesfalls den Verhältnissen, wie sie 1951/52 vor der entscheidenden Eutrophierung durch die abnorme hydrologische Periode 1953/54 vorlagen.

Entweder waren die wenigen Stichproben von Wundsch nicht geeignet, ein zutreffendes Bild der wirklichen Besiedlungsdichte der Hohenwartesperre zu geben, oder aber — das ist durchaus wahrscheinlicher — die Besiedlungsdichte war damals (1943), in den ersten Jahren nach dem Anstau, tatsächlich um ein mehrfaches höher.

Es ist eine bekannte Erscheinung, daß nach dem erstmaligen Anstau eines künstlich geschaffenen Gewässers Stoffe aus dem Boden ausgelaugt werden, die eine starke Düngewirkung ausüben und zu einer überdurchschnittlich hohen Anfangsproduktivität führen, die dann nach einigen Jahren auf den „Normalwert" für das neue Gewässer zurückzugehen pflegt. Für Talsperren ist das in der Literatur bekannteste Beispiel der von Minder (1939) beschriebene Wäggitalersee in der Schweiz, ein in einem Alpental gelegener größerer Stausee mit einwandfreiem Reinwasserzufluß und ohne jede künstliche Verunreinigung, dessen Wasserbeschaffenheit jedoch in den ersten Jahren nach dem Anstau durch Auslaugungen aus dem überstauten Gelände außerordentlich unbefriedigend war (völliger O_2-Schwund bis zum Auftreten von H_2S usw.) und sich erst in den folgenden Jahren normalisierte. Ebenso ist es allgemein bekannt, daß neu angelegte Fischteiche aus denselben Gründen in den ersten Jahren besonders hohe Erträge abwerfen.

Ich glaube daher, daß Wundsch die Hohenwartesperre im Juli 1943 in diesem noch völlig unausgeglichenen Anfangszustand angetroffen hat, der keineswegs für die späteren „Jugendjahre" der Talsperre (bis zur Periode 1953/54) typisch war. Das Gewässer befand sich damals, kurz nach dem erstmaligen Überstauen des Geländes, in einem kurzen Übergangszustand, der eine zu hohe Eutrophie vortäuschte. Aus dem Tenor der umfangreichen Arbeit von Wundsch (1949) geht hervor, daß er beide Saaletalsperren (wie überhaupt die mitteldeutschen Großstaubecken) als ausgesprochen eutrophe Seen betrachtet. Ein solcher Zustand der Eutrophie bestand — nach stärkerer Eutrophie in den ersten Jahren nach dem frischen Anstau — für die dann anschließenden „Jugendjahre" der Hohenwartesperre keineswegs. Dies geht sowohl aus den weiter oben geschilderten hydrochemischen Verhältnissen wie auch aus den biologischen Verhältnissen der Periode bis einschließlich 1952 bzw. Sommer 1953 eindeutig hervor.

Im Jahre 1953 wurden zwei Serien von Greiferproben aus der Hohenwartesperre entnommen. Die erste Reihe vom 16. Juni umfaßt 11 Proben, die sich wieder über das ganze Gebiet erstrecken; die zweite Reihe vom 6. Oktober 10 Proben, die nur aus den beiden unteren Abschnitten G und H stammen. Beide Reihen sind in Tabelle 33 wiedergegeben. Von den Fängen aus dem Profundal sind vier besonders charakteristische Proben der ersten Reihe in den Abb. 31 bis 34 wiedergegeben.

Die Fänge von den Stationen E (Linkenmühle, HG 33) und F (Hopfenmühle, HG 36) liegen oberhalb überstauter alter Wehre, also an Plätzen, wo eine Ansammlung von Sediment im tiefen Profundal begünstigt ist. Vergleicht man die Fänge vom 16. Juni 1953 mit früheren Fängen von denselben Stationen, so ist eine inzwischen eingetretene Eutrophierung deutlich zu erkennen. Unter den Tendipediden-larven haben die für eutrophe Seen charakteristischen Larven vom *Plumosus*-Typ eindeutig zugenommen. Im Fang aus der Höhe des Otterbaches im obersten Abschnitt der Sperre (HG 32, Abb. 31) sind zwei solcher Larven und eine Puppe zu erkennen. Die Veränderung an der Station E Linkenmühle wird deutlich, wenn man die Besiedlung vom 16. Juni 1953 (HG 33, Abb. 32) mit der früheren Besiedlung

Tabelle 33. Hohenwartesperre. Greiferfänge 1953

Tag	16. 6. 1953														6. 10. 1953						
Nummer HG	32	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	45	44	43	48	46	50	49	47	51
Ort	Otb	Otb	E	Tro	F	F	F	Grz	Grz	Zop	H	Grz	G	G	G	NbW	LoB	Zop	Prw	PwE	H
Tiefe (m)	8	9,5	19	8	2,5	30	38	23	45	30	61,5	41	3	13	26	17	28	50	28	40	54
Substrat	svsfDt grSl	vmfDt grSl	mvDt grSl	ePf,wDt brslSd	Pf wDt	svDt brSl	swDt dgrSl	swgDt hbrslSd	svPf wbrSl	mvgDt tnFg,Pf	swDt vfgrSl	wDt sfSl,Sd	Sd	brsdSl	brtnSl	swDt brslSd		swDt vdfSl	wgDt Sd,Pf	St dbrSl	wDt vdfSl
A. Anzahl der Tiere																					
Pelopiini (PP)	1	4	.	3	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	1	1	.	.	.	1	.
Pentaneurini (Pl) ..	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Orthocladiinae.....	.	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tanytarsini	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tendipedini	6	13	8	2	5	5	.	1	.	.	1	.	4	1	.	.	.	.	.	.	.
Tendipediden.....	8	17	8	6	6	6	.	2	.	.	1	.	4	1	1	1	.	.	.	1	.
Asellus	.	.	.	.	.	.	.	.	14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.
Oligochaeten	454	582	290	3	1	273	1248	43	55	2	224	63	16	19	29	43	201	1197	10	54	448
Herpobdella.....	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Nematoden.....	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pisidium.....	1	5	.	.	.	6	5	.	.	.	4	.	1	.	.	.	7	13	.	2	.
Summe der Tiere.....	463	605	298	9	7	285	1253	46	69	2	229	63	21	20	30	44	208	1210	10	58	448
B. Gewicht der Tiere																					
Tendipediden.....	138,0	42,1	177,3	16,8	20,2	53,5	.	7,1	.	.	2,3	.	7,0	17,6	3,8	1,6	.	.	.	2,1	.
Asellus	.	.	.	.	.	.	.	.	39,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11,5	.
Oligochaeten	274,7	436,8	98,2	12,1	0,5	121,1	737,7	40,6	63,2	1,2	274,0	82,0	1,2	12,5	11,8	93,6	111,8	437,0	10,7	93,6	128,9
Herpobdella.....	.	.	.	.	.	.	.	6,6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Nematoden.....	.	0,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Pisidium.....	0,8	8,5	.	.	.	8,0	3,5	.	.	.	7,0	.	0,6	.	.	.	12,2	28,9	.	2,4	.
Gesamtgewicht (mg) ..	413,5	487,9	275,5	28,9	20,7	182,6	741,2	54,3	102,4	1,2	283,3	82,0	8,8	30,1	15,6	95,2	124,0	465,9	10,7	109,6	128,9

vom 12. Mai 1952 (HG 5, Abb. 28) verglichen. Damals fand sich hier eine große *Plumosus*-Larve, die erste auffallende Larve dieser Art an der Station, jetzt sind es fünf solcher größerer Larven und eine Puppe. Bei der nächsten Station F Hopfenmühle (HG 36, Abb. 33) sind jetzt die ersten *Plumosus*-Larven angetroffen worden; zwei große Exemplare sind auf der Abbildung zu erkennen. Im untersten Abschnitt H, oberhalb der Sperrmauer, hat die Anzahl der Oligochaeten, vor allem aber auch deren Gewicht, deutlich zugenommen (HG 41, Abb. 34).

Wenn wiederum aus den 11 Fängen, die über das ganze Gebiet verteilt sind und aus verschiedenen Tiefen stammen, ein Mittelwert errechnet wird, dann ergeben sich jetzt 13064 Tiere von 10366 mg je m^2 = 103,7 kg/ha. Gegenüber dem Mittelwert von 38,5 kg/ha aus den 14 Greiferproben vom 27. August 1952 ergibt sich also fast eine Verdreifachung der Besiedlungsdichte; der Wert liegt aber immer noch unter dem oben diskutierten Wert von WUNDSCH (129 kg/ha) für Juli 1943.

Die Eutrophierung der Hohenwartesperre macht sich also bereits jetzt, am 16. Juni 1953, deutlich bemerkbar. Nun ist aber im hydrochemischen Abschnitt der vorliegenden Arbeit festgestellt worden, daß an diesem Tage die Wasserverhältnisse der Hohenwartesperre noch keine Auswirkung der extremen hydrologischen Periode von April 1953 bis Juni 1954 zeigen konnten, sondern daß für die Hohenwartesperre die Niedrigwasserperiode praktisch erst im November 1953, nach der Herbstvollzirkulation in der Bleilochsperre, einsetzt. Wenn also das freie Wasser der HwSp (und damit, wie ebenfalls bereits festgestellt, auch das Plankton der HwSp) im Juni 1953 noch unverändert die alte „normale" Beschaffenheit zeigt, wie ist dann die nicht zu übersehende Veränderung der Bodenbesiedlung im Sinne einer deutlichen Eutrophierung zu erklären?

Zeitlich vor den hydrologischen Großereignissen der Jahre 1953 und 1954 (extreme Niedrigwasserperiode und starkes Julihochwasser) und unabhängig davon sind stetig fortschreitende Veränderungen im Profundal der HwSp anzunehmen, die sich nicht in so deutlichen Veränderungen der Wasserbeschaffenheit (O_2-Gehalt) oder des Planktons manifestieren wie die Großereignisse. Es handelt sich um Veränderungen des Substrats, das sich — normalerweise innerhalb einiger Jahrzehnte — auch in der HwSp von einer zunächst sehr dünnen Schicht vornehmlich mineralischer Beschaffenheit in eine dickere Schicht mit mehr oder weniger reichem Anteil organischer Stoffe wandelt, also zu einem echten Seen-Bodenschlamm (Gyttja). In natürlichen Seen stammt die Gyttja hauptsächlich von den Resten des Planktons; in oligotrophen Seen ist die Besiedlungsdichte dieses Substrats unmittelbar eine Funktion der Planktonproduktion. In der Hohenwartesperre kommt nun zu diesem sich erst in längeren Zeiträumen bemerkbar machenden Anreicherungen des Sediments mit organischen Resten aus dem Stoffwechsel des Gewässers selbst die bedeutend größere Zufuhr organischer Stoffe mit dem belasteten Zufluß aus der BlSp hinzu. Diese allochthone Zufuhr organischer Stoffe erfolgt, wie im hydrochemischen Abschnitt festgestellt wurde, nicht nur laufend in einer bestimmten Stärke, sondern darüber hinaus stoßweise in besonders starker Konzentration nach jeder Herbstvollzirkulation in der BlSp während der Wintermonate. Beim Eintritt der nächsten Sommerstagnation ist in der HwSp in normalen Jahren offenbar der größere Teil dieser „Winterdüngung" abgebaut oder durch Ausflockung und Sedimentierung (vor allem in den oberen Abschnitten) aus dem freien Wasser wieder ausgeschieden, so daß eine stärkere Eutrophierung des Pelagials zunächst nicht erfolgt. Das Sediment dagegen wird erneut jedes Jahr mit organischen Stoffen angereichert, es eilt in seiner Eutrophierung, vor allem im oberen Teil der Talsperre, der langsameren Eutrophierung des freien Wassers voraus. Am wirksamsten dürfte die alljährliche

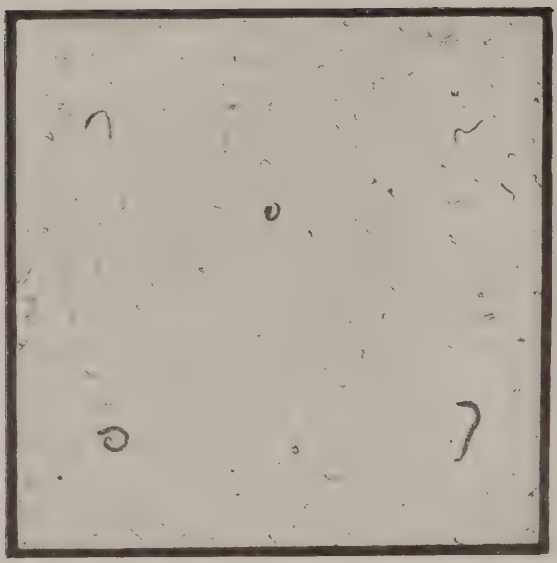


Abb. 31. Greiferprobe HG 32,
Höhe Otterbach, 8 m
sv sf Dt, gr Sl,
16. Juni 1953.

8	Tendipediden	138,0 mg
454	Oligochaeten	274,7 mg
1	*Pisidium*	0,8 mg
463	Tiere	413,5 mg

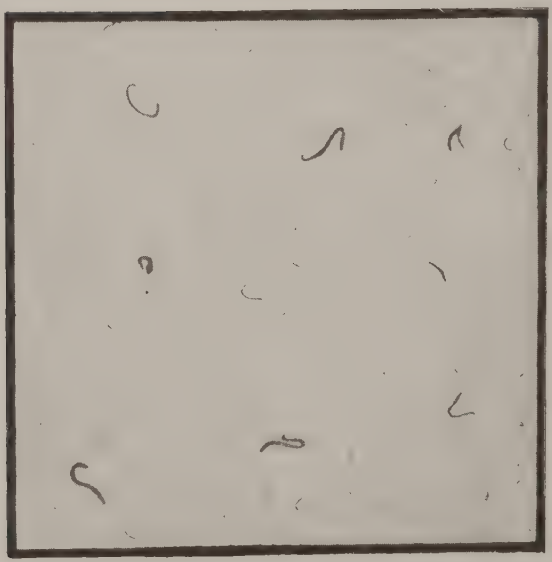


Abb. 32. Greiferprobe HG 33,
Linkenmühle, 19 m,
mv Dt, gr Sl,
16. Juni 1953.

8	Tendipediden	177,3 mg
290	Oligochaeten	98,2 mg
298	Tiere	275,5 mg

Abb. 33. Greiferprobe HG 36, Hopfenmühle, 30 m, sv Dt. br Sl, 16. Juni 1953.

6	Tendipediden	53,5 mg
273	Oligochaeten	121,1 mg
6	*Pisidium*	8,0 mg
285	Tiere	182,6 mg

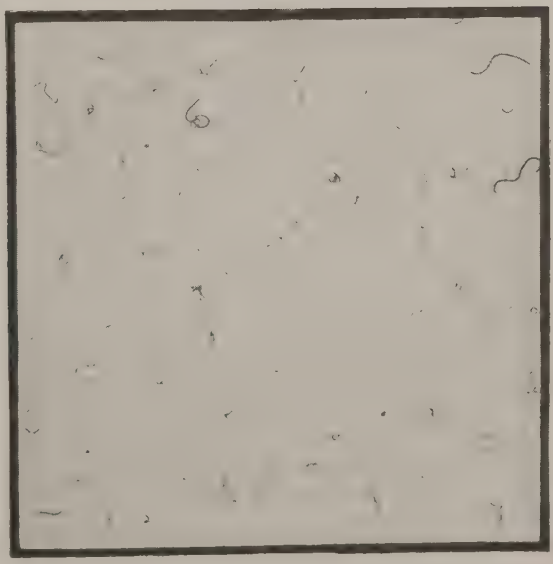


Abb. 34. Greiferprobe HG 41, Sperrmauerbucht, 61,5 m, sw Dt, vf grSl, 16. Juni 1953.

1	Tendipedide	2,3 mg
224	Oligochaeten	274,0 mg
4	*Pisidium*	7,0 mg
229	Tiere	283,3 mg

„Kurzschlußströmung" in den Wintermonaten sein, die einmal den größten Anteil biochemisch verwertbarer Inhaltsstoffe mitführt und sich zweitens auch in der HwSp unmittelbar in Grundnähe bewegt.

Hiermit wäre zunächst die bereits 1952 aufgefallene höhere Besiedlungsdichte der oberen Abschnitte E und F erklärt. Wie ist aber speziell das rasante Fortschreiten dieser Eutrophierung vom Herbst 1952 zum Sommer 1953 zu begründen? Die Jahressummen des Zuflusses zur BlSp waren 1949 sehr knapp und 1950 knapp; 1951 und 1952 lagen sie im unteren Bereich der als normal definierten Schwankung um das langjährige rechnerische Mittel. Nun bewirkten zweifellos die zuflußarmen Jahre 1949 und 1950 eine entsprechend stärkere „Düngung" des Sediments der HwSp in den jeweils folgenden Jahren, also 1950 und 1951. Hätte es sich um eine extreme Vermehrung der allochthonen Zufuhr organischer Stoffe gehandelt, wie später 1954, so hätte die Tierwelt des Profundals, auch wenn sie im Gegensatz zum Plankton eine längere „Anlaufzeit" ihrer Entwicklung benötigt, eindeutiger und schneller darauf reagieren müssen. So haben sich offenbar die Zufuhren mehrerer Jahre zunächst summieren müssen, bis nach Überschreiten eines bestimmten Schwellenwertes die augenfällige Änderung im Sommer 1953 vorlag.

Im hydrochemischen Abschnitt dieser Arbeit wurde nachgewiesen, daß auch die extremen Wandlungen im Chemismus des Pelagials, die durch eine unterschiedliche aktuelle Konzentration der Ablaugen bedingt sind, vollständig reversibel sind. Bei der allmählichen Wandlung des Substrats handelt es sich jedoch um einen irreversiblen Vorgang, einen Alterungsprozeß. Im Falle der HwSp wird die sonst sehr viel langsamer ablaufende natürliche Alterung (autochthone organische Anreicherung des Sediments aus dem Stoffwechsel des Gewässers selbst) durch die alljährliche allochthone starke Winterdüngung vom Zufluß her außerordentlich beschleunigt. Die „Jugendjahre" der HwSp werden schnell durchlaufen. Das zunächst (nach einem kurzen Übergangszustand stärkerer Eutrophie unmittelbar nach dem Anstau) weitgehend oligotrophe Gewässer wandelt sich nun, etwa 10 Jahre nach dem Anstau, rasch zu einem wirklich eutrophen See.

Die zweite Serie von Greiferfängen des Jahres 1953, die Reihe vom 6. Oktober (noch Tabelle 33), erstreckt sich nur über die beiden unteren Abschnitte G und H. Dabei treten erstmalig in einer Greiferprobe aus dem untersten Abschnitt der HwSp Oligochaeten (Tubificiden) in Massenentwicklung auf: HG 50 aus 50 m Tiefe vor der Zoptebucht enthält rund 1200 Oligochaeten im Gewicht von 437 mg. Da sich die Probenreihe nur auf einen Teil der Talsperre erstreckt, soll von einer Berechnung der Besiedlungsdichte abgesehen werden. Hinsichtlich der Einzelheiten der Fänge sei auf die Tabelle verwiesen.

Die 1954, im letzten Jahr der Untersuchungen, entnommenen drei Reihen von Greiferproben sind in Tabelle 34 zusammengestellt. Die erste Serie vom 13. (14.) Juli fällt in den Beginn der Hochwasserperiode, die die 15monatige Defizitperiode des Zuflusses (zur BlSp) ablöste. Für die HwSp ist das, wie im hydrochemischen Abschnitt dargestellt wurde, der Zeitpunkt, an dem nach der ersten Welle einer stärker konzentrierten Restbelastung (während der Wintermonate 1953/54) nun die zweite Welle der stärksten organischen Belastung mit Reststoffen aus dem Hypolimnion der BlSp einsetzt.

Leider ist diese Probenreihe von Mitte Juli 1954 sehr lückenhaft geblieben. Sie sollte besonders ausführlich werden und begann planmäßig im obersten Abschnitt der Talsperre. Als der zweite Abschnitt (F) erreicht wurde, war zu beobachten, daß infolge des plötzlichen hochwasserbedingten Pegelanstieges um etwa 2 m der Blei (*Abramis brama*) in großen Mengen zum Laichen auf die frisch überstauten Ufer-

Tabelle 34. Hohenwartesperre. Greiferfänge 1954

Tag	13. 7. 1954						14. 7. 1954		14. 9. 1954					2. 11. 1954				
Nummer HG	54	55	52	53	57	56	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
Ort	Con	Con	E	E	Por	Por	Por	H	Otb	E	F	G	H	Otb	E	F	G	H
Tiefe (m)	4	4	8,5	9	9	16	26	49,5	4,5	15,5	31,5	47	54,5	7,5	17,5	36,5	50,5	59,5
Substrat	sw Dt dfSl	sw Dt dfSl	sw Dt dfSl	sw Dt dfSl	g Dt brslSd	g Dt,v St brslSd	mv g Dt dgrSl,Sd	sw Dt grtnSl	mv Dt grtnSl	v Dt vfdgrSl	w Dt vfdgrSl	w Dt fbrgrSl	sw Dt vfdSl	sv fDt dtnSl	mv Dt dgrSl	v Dt fhgrSl	sv Dt fgrSl	w Dt eSd,fgrSl
A. Anzahl der Tiere																		
Pelopiini (PP)	2	1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	1			
Pentaneurini (Pl)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6				
Orthocladiinae	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2				
Tanytarsini	.	4	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	26	.	.		
Tendipedini	8	13	.	.	.	.	.	1	38	24	.	.	.	79	20	1		
Tendipediden	10	18	.	1	.	.	1	1	40	24	.	.	.	115	21	1		
Asellus	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Oligochaeten	23	32	41	32	36	14	335	1261	7	132	612	250	1171	10	296	489	1531	1432
Nematoden	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Pisidium	.	.	.	.	.	.	4	3	.	.	7	.	1	.	.	.	3	1
Summe der Tiere	33	50	41	33	36	14	340	1265	48	157	619	250	1172	125	317	490	1534	1433
B. Gewicht der Tiere																		
Tendipediden	4,8	30,6	.	0,3	.	.	1,5	0,1	136,4	392,6	.	.	.	339,4	367,0	1,8		
Asellus	.	.	.	.	.	.	.	.	2,2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Oligochaeten	12,0	22,1	54,8	28,8	23,9	6,9	291,7	600,3	2,2	129,1	481,0	176,7	437,3	3,8	210,4	667,4	336,2	236,2
Nematoden	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1	.	.	.	.	.	.	.	.
Pisidium	.	.	.	.	.	.	8,8	1,0	.	.	14,3	.	9,0	.	.	.	10,3	6,5
Gesamtgewicht (mg)	16,8	52,7	54,8	29,1	23,9	6,9	302,0	601,4	140,8	521,8	495,3	176,7	446,3	343,2	577,4	669,2	346,5	242,7

gürtel (Wiesen von *Polygonum persicaria* und Gräsern) besonders an der Hopfenmühle ausgetreten war. Dadurch bestanden für kurze Zeit ungewöhnlich günstige Fangmöglichkeiten gerade auf diese Fischart, die sonst in den Saaletalsperren besonders schwer zu erbeuten ist. Unter diesen Umständen mußten das Fischereifahrzeug und das Fischereipersonal, mit deren Hilfe alle Untersuchungen durchgeführt wurden, sofort zur Wahrnehmung dieser frühestens in Jahresfrist wiederkehrenden günstigen Gelegenheit eingesetzt und die Untersuchung abgebrochen werden. Hinsichtlich der Einzelheiten dieser lückenhaft gebliebenen Reihe sei auf die Tabelle 34 verwiesen.

Die beiden letzten Serien von Greiferfängen, die Reihen vom 14. September und vom 2. November 1954, umfassen zwar nur je fünf Proben, erstrecken sich aber wieder über das ganze Gebiet und geben ein gutes Bild von der fortschreitenden Auswirkung der Saprobisierung der HwSp im Herbst 1954. Die beiden Fänge an den zwei obersten Stationen aus der Reihe vom 14. September 1954 sind in den Abb. 35 und 36 wiedergegeben.

Die in der Zwischenzeit vor sich gegangene weitere Eutrophierung wird besonders deutlich, wenn man das Besiedlungsbild vom 14. September 1954 (Abb. 35 und 36) mit der Besiedlung an denselben Stationen 15 Monate früher, am 16. Juni 1953 (Abb. 31 und 32), vergleicht. In der Höhe des Otterbaches ist die Anzahl der Tendipediden auf der Greiferfläche von 8 auf 40 und bei der Linkenmühle von 8 auf 24 angestiegen; dabei handelt es sich im letzteren Falle durchweg um große *Plumosus*-Larven. Die Gesamtgewichte der Tiere der Fänge zeigen, daß der Schwerpunkt der Besiedlungsdichte nach wie vor in den beiden oberen Abschnitten E und F liegt. Die *Plumosus*-Larven bleiben auf den oberen Teil der HwSp beschränkt; im unteren größeren Teil besteht die makroskopische Bodentierwelt lediglich aus Oligochaeten (Tubificiden), deren Anzahl ständig zunimmt, und daneben wenigen Pisidien (stets *Pisidium casertanum*). Zu diesem Zeitpunkt ist das Hypolimnion der unteren Abschnitte der HwSp bereits anaerob (vgl. Abb. 19) und bietet selbst Tieren wie *Tendipes plumosus* keine Existenzmöglichkeiten mehr. Als Mittelwert der Besiedlungsdichte errechnet sich aus den fünf Fängen vom 14. September 1954 ein Bestand von 19770 Tieren mit 15670 mg je m^2 = 156,7 kg/ha.

Die letzte Reihe von Greiferfängen am 2. November 1954 zeigt einen nochmaligen weiteren Anstieg der Eutrophierung des Profundals. Drei der fünf Proben dieser Reihe sind in den Abb. 37 bis 39 wiedergegeben. In der Höhe des Otterbaches im obersten Abschnitt E ist am 2. November 1954 (HG 65, Abb. 37) gegenüber dem 14. September 1954 (HG 60, Abb. 35) die Anzahl der (mittelgroßen) Tendipedidenlarven von 40 auf 115 angestiegen. Bei der Linkenmühle ist am 2. November (HG 66, Abb. 38) die Anzahl der großen *Plumosus*-Larven etwa gleich groß wie am 14. September (HG 61, Abb. 36). Besonders aufschlußreich ist der Vergleich von Zusammensetzung und Dichte der Besiedlung an der Station G Saaltal am 2. November 1954 (HG 68, Abb. 39) und 2½ Jahre vorher, am 12. Mai 1952 (HG 8, Abb. 29). Damals fand sich hier noch ein *Gammarus* im tiefen Profundal. Statt damals 83 Oligochaeten von rund 57 mg sind jetzt 1531 Oligochaeten von 336 mg Gewicht auf der Greiferfläche vorhanden. Gewichtsmäßig liegt der Schwerpunkt der Besiedlung des Profundals aber nach wie vor in den beiden oberen Abschnitten E und F. Als Mittelwert für die Besiedlungsdichte im Profundal errechnet sich aus den fünf Fängen der letzten Reihe vom 2. November 1954 der Wert von 34320 Tieren mit 19180 mg je m^2 = 191,8 kg/ha.

Die für die beiden letzten Reihen errechneten Mittelwerte lassen sich nicht ohne weiteres mit den früher berechneten vergleichen, weil sich die letzten Reihen nur

Abb. 35. Greiferprobe HG 60,
Höhe Otterbach, 4,5 m,
mv Dt, gr tn Sl,
14. September 1954.

40	Tendipediden	136,4 mg
1	*Asellus*	2,2 mg
7	Oligochaeten	2,2 mg
48	Tiere	140,8 mg

Abb. 36. Greiferprobe HG 61,
Linkenmühle, 15,5 m,
vDt, vf dgr Sl,
14. September 1954.

24	Tendipediden	392,6 mg
132	Oligochaeten	129,1 mg
1	Nematode	0,1 mg
157	Tiere	521,8 mg

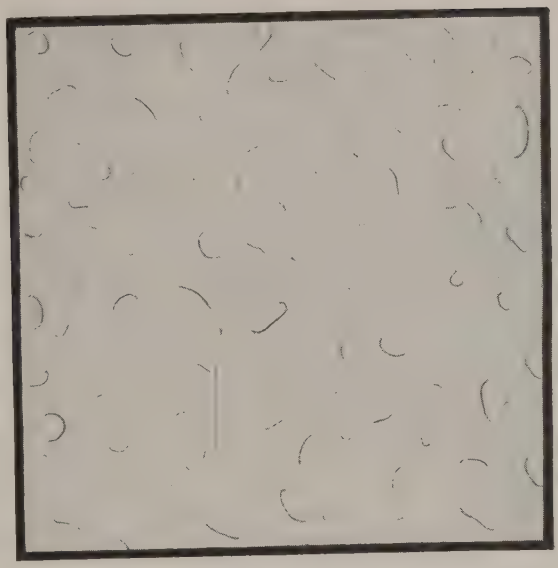


Abb. 37. Greiferprobe HG 65, Höhe Otterbach, 7,5 m, sv fDt, d tnSl, 2. November 1954.

115	Tendipediden	339,4 mg
10	Oligochaeten	3,8 mg
125	Tiere	343,2 mg

Abb. 38. Greiferprobe HG 66, Linkenmühle, 17,5 m, mv Dt, d grSl, 2. November 1954.

21	Tendipediden	367,0 mg
296	Oligochaeten	210,4 mg
317	Tiere	577,4 mg

Abb. 39. Greiferprobe HG 68, Saaltal, 50,5 m, sv Dt, f grSl, 2. November 1954.

1531	Oligochaeten	336,2 mg
3	*Pisidium*	10,3 mg
1534	Tiere	346,5 mg

auf das tiefe Profundal beziehen, das deutlich dichter besiedelt ist als die in den vorhergehenden Berechnungen miterfaßten mittleren Tiefen und die Wasserrandzone. Es sind daher für die ersten beiden Termine noch besondere Werte berechnet worden, für die ebenfalls nur je fünf Greiferfänge von den Stationen ausgewählt wurden, die am nächsten den fünf Stationen der beiden Reihen vom 14. September 1954 und 2. November 1954 entsprechen. Es sind dies für den 27. August 1952 die Proben HG 17, 20, 25, 29 und 30 und für den 16. Juni 1953 die Proben HG 32, 33, 37, 39 und 41. Diese Teilwerte für das tiefe Profundal sind in Tabelle 35 mit den

Tabelle 35. Hohenwartesperre. Vergleich der Besiedlungsdichte des Benthals an vier Terminen

Tag	Ganzes Benthal			Engeres Profundal		
	Tiere je m²	mg je m²	kg/ha	Tiere je m²	mg je m²	kg/ha
27. August 1952	5287	3852	38,5	6249	4891	48,5
16. Juni 1953	13064	10366	103,7	20350	15980	159,8
14. September 1954				19770	15670	156,7
2. November 1954				34320	19180	191,8

übrigen Daten zusammengestellt und erlauben weitere Vergleiche des Ganges der Dichte der Bodenbesiedlung der Hohenwartesperre während der Untersuchungszeit.

Die Dichte der Besiedlung des engeren Profundals der Hohenwartesperre hat sich also, als Gewicht der Tiere auf der Fläche ausgedrückt, infolge der Eutrophierung von Herbst 1952 bis Herbst 1954 etwa vervierfacht.

D. Der Fischbestand des Talsperrengebiets und seine Entwicklung

In den Jahren 1950 bis 1953 hat sich der Verfasser als damaliger Fischereibiologe der Fischwirtschaftsgenossenschaft Thüringen eGmbH in Weimar sehr eingehend mit der Fischwirtschaft der Saaletalsperren befaßt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist es nicht beabsichtigt, Fragen zu erörtern, die rein fischereiwirtschaftlicher Natur sind. Es wäre jedoch eine Unterlassung, innerhalb des hydrobiologischen Teiles auf die Besprechung der fischereilichen Verhältnisse ganz zu verzichten, da sich auch in den Fischfangergebnissen und in der Veränderung des Fischbestandes die hydrochemischen Verhältnisse und ihre Wandlungen widerspiegeln. Zweck der in diesem Abschnitt wiedergegebenen Fangstatistiken ist es, weitere Unterlagen für die Beurteilung der biologischen Verhältnisse in den Gewässern der Oberen Saale zu gewinnen und damit die in den vorhergegangenen Abschnitten erzielten Ergebnisse zu ergänzen und abzurunden.

In der Arbeit von Wundsch (1949) sind bereits Fangergebnisse auch für die Saaletalsperren wiedergegeben, und zwar für die Bleilochsperre für die Jahre 1938 bis August 1943 (7. bis 11., zum Teil noch 12. Jahr nach dem Anstau) und für die Hohenwartesperre für 1942 bis 1946 (1. bis 5. Jahr nach dem Anstau). Dem Verfasser gelang es im Rahmen seiner erwähnten Tätigkeit, praktisch vollständige Unterlagen über die Jahreserträge der Berufsfischerei in beiden Talsperren für die Zeit von ihrer Einrichtung bis zu ihrer vorläufigen Wiedereinstellung zusammenzutragen.

Auch für die Gewinnung rein biologischer Erkenntnisse aus diesen Fischfangstatistiken ist es notwendig, die Entwicklung der berufsmäßig ausgeübten Fischerei in den Gewässern des Talsperrengebietes kurz zu schildern.

Die A.G. Obere Saale (nach der Errichtung auch der HwSp: Saaletalsperren-A.G.) richtete in den beiden Großstaubecken betriebseigene Fischereien ein. Das Fischereipersonal bestand aus interessierten Betriebsangehörigen, die für ihre neue Tätigkeit zwar die sehr wertvolle genaue Kenntnis des jetzt überstauten Geländes mitbrachten, aber keine fischereiliche Fachausbildung erfahren hatten. Die Erwerbsfischerei wurde unter der Regie der A.G. ausschließlich mit dem Großen Zugnetz ausgeübt. Die Ausgleichsbecken Burgk und später Wisenta wurden ganz vernachlässigt. Die Saalestrecke zwischen den Talsperren (Saalestrecke Walsburg) war nur zum Teil in Händen der Gesellschaft; sie wurde nicht berufsmäßig bewirtschaftet, sondern durch die Ausgabe von Fischereierlaubnisscheinen an Angler genutzt. Angelkarten wurden auch für die Talsperren ausgegeben, und zwar in den Kriegs- und Nachkriegsjahren in einem Umfang, daß die Erträge aus dem Angelkartenverkauf vielfach die Erträge der Berufsfischerei weit überstiegen. Das Ausgleichsbecken Eichicht der HwSp wurde in gewissem Umfang mitbefischt.

Nach der Errichtung der Volkseigenen Betriebe wurde auch die bisherige Saaletalsperren-A.G. in einen VEB umgewandelt. Im Zuge der grundsätzlichen Abgabe aller Nebennutzungen der VEB an einen dafür sachlich zuständigen Rechtsträger übernahm die Fischwirtschaftsgenossenschaft Thüringen in Weimar im Laufe des Jahres 1950 die Rechtsträgerschaft der volkseigenen Fischereirechte im Talsperrengebiet. Auf mein Betreiben hin wurde das Fischereigebiet dadurch abgerundet, daß das Recht der Ausübung der Fischereiberechtigungen auf Teilen der Saalestrecke Walsburg, soweit sie sich noch in anderen Händen befanden, durch Abschluß von Pachtverträgen mit den Eigentümern ebenfalls auf die Genossenschaft übergeleitet wurde, so daß jetzt das gesamte Gebiet der Oberen Saale fischereiwirtschaftlich in einer Hand war. Diese Abrundung war notwendig, um die Saalestrecke, die bereits ab 1949 noch auf Veranlassung der damaligen Saaletalsperren-A.G. zum Laichschonrevier für Forellen erklärt worden war, als Grundlage für die Errichtung eines Forellenbruthauses im Rahmen des Fischereibetriebs Hohenwarte bewirtschaften zu können. Dieses Forellenbruthaus an der Lothramühle wurde im Herbst 1951 in Betrieb genommen. Es sah die alljährliche Auflage von 2 Millionen Bachforelleneiern vor und sollte die wirtschaftliche Grundlage des Fischereibetriebs Hohenwarte bilden (vgl. auch Schrader

1953). Die Befischung der Saalestrecke Walsburg auf Laichforellen begann mit dem Einsetzen der Laichzeit der Bachforelle im November 1951.

Neben der Erweiterung der Betriebsgrundlagen für die Fischerei Hohenwarte wurden die beiden Fischereibetriebe Saalburg und Hohenwarte unter vorübergehender Zuteilung fachlich ausgebildeter Fischer modernisiert, vor allem, indem der Fangbetrieb von der Zugnetzfischerei mehr und mehr auf Reusenfischerei umgestellt wurde. Ab 1952 lag in beiden Talsperren der Schwerpunkt der Fischerei bereits auf dem Fang mit Reusen. Hierdurch traten wesentliche Veränderungen im Anteil der einzelnen Fischarten am Gesamtfang ein, und es ist notwendig, diese Umstellung der Fischereibetriebe hier zu erwähnen, weil ohne ihre Kenntnis und Berücksichtigung die Analyse der Fangerträge zu falschen Schlüssen führen müßte.

Versucht man, aus einer Fangstatistik Rückschlüsse auf den Fischbestand selbst zu ziehen, insbesondere auf den Anteil der einzelnen Arten an der Fischpopulation des Gewässers, so stößt man auf grundsätzliche Schwierigkeiten:

1. Jedes Fanggerät trifft eine bestimmte Auswahl unter den Fischen des Bestandes. Es fängt bevorzugt oder ausschließlich bestimmte Arten oder bestimmte Altersstufen. Beides liegt in der Absicht des Fischers. Er will ja nicht alljährlich einen gleichmäßigen Anteil aller Arten fangen (der etwa dem Jahreszuwachs der Population entspricht), sondern bevorzugt „Edelfische", die ihm den höchsten Erlös bringen. Zum mindesten erstrebt er diesen Zustand.

2. Die Fänge der Berufsfischerei sind dabei stark von der Marktlage abhängig. In Zeiten wirtschaftlichen Wohlstandes sind an vielen Plätzen die billigen Massenfische schwer oder gar nicht abzusetzen. Das gilt verstärkt für die Saaletalsperren, weil in Thüringen, wo es kaum natürliche Seen gibt, vor der Errichtung von Talsperren Fische wie Plötzen oder kleine Barsche auf dem Markt praktisch unbekannt waren. In ernährungswirtschaftlichen Krisenzeiten dagegen sind auch Fische geringster Qualität fast überall unterzubringen. Dieses unterschiedliche Verhalten des Marktes ist natürlich von größtem Einfluß auf Höhe und Zusammensetzung des Fischfanges.

3. Der Erfolg der Fischerei ist weitgehend vom aktuellen Witterungsgeschehen des Fangjahres abhängig. Das Eintreten oder Ausbleiben bestimmter Wasserstände zu bestimmten Terminen (Laichzeiten einzelner Arten) kann entscheidend für den Erfolg des Jahresfanges bestimmter Arten sein. Dies gilt ganz besonders für Talsperren mit ihren gegenüber natürlichen Seen viel stärkeren Schwankungen des Wasserstandes. In den Saaletalsperren ist etwa der Jahresertrag an Blei (und Karpfen) ganz entscheidend davon abhängig, daß während der Laichzeit bestimmte Pegelstände eintreten, bei denen geeignete Laichplätze mit noch nicht verfaulten Landpflanzen (Grasnarbe, Knöterichwiesen, notfalls frisch belaubte Büsche) frisch überstaut werden. Auch starke Schwankungen in den Jahresfängen solcher Arten sind nicht ohne weiteres ein Ausdruck für entsprechende Schwankungen der Population.

4. Die Statistiken geben den Ertrag nicht vollständig wieder, wenn neben der Berufsfischerei auch noch der Angelsport ausgeübt wird. Wundsch (1949) nimmt auf Grund von Erhebungen vor allem an der Möhnesperre und Edersperre an, daß der Angleranteil am Gesamtfang mit mindestens 10 bis 15% des Netzfangertrages, zuweilen auch höher, eingesetzt werden kann. Der Angler bevorzugt meist ganz bestimmte Fischarten. Wird auf Gewässern wie den Saaletalsperren mit hohem Uferkoeffizienten z. B. die Spinnangel auf Raubfische zugelassen, während die Berufsfischerei relativ primitiv nur mit dem Zugnetz fischt, so wird der Hecht in der Hauptsache von den Anglern und nicht von den Fischern gefangen. Der Anteil dieser Fischart in der Fangstatistik entspricht dann in keiner Weise dem tatsächlichen Anteil des Hechtes am Gesamtertrag.

5. In der offiziellen Statistik erscheinen meist die Mengen nicht, die die Fischer als Deputate erhalten oder die als „Eigenverbrauch" in die Betriebsküchen der Körperschaft gehen, der der Fischereibetrieb als Nebennutzung angeschlossen ist. Hierbei werden oft nicht gerade die schlechtesten Sorten abgezweigt. Man tut daher gut daran, sich bei der Auswertung von Fangstatistiken auf die Hauptfischarten zu beschränken und die weniger häufigen unter „Sonstige" zusammenzufassen und nur am Rande zu betrachten, vor allem, wenn es sich um marktgünstige Sorten handelt.

6. Besonders in Krisenzeiten kommt es vor, daß die Statistiken hinsichtlich der Aufgliederung nach Arten ganz unzuverlässig sind, weil billigere Fische falsch deklariert werden oder mit besseren Sorten gemischt unter der preisgünstigeren Sorte miterscheinen.

7. Bei der Ertragsberechnung für die Einheitsfläche (kg/ha) muß man bei Talsperren, wie bereits Wundsch (1949) ausführt, nicht von der Maximalfläche bei Vollstau, sondern von einer Durchschnittswasserfläche ausgehen. Für die Saaletalsperren folge ich hier dem Vorschlag von Wundsch und lege den Berechnungen für die Bleilochsperre 700 ha und für die Hohenwartesperre 500 ha durchschnittlicher Wasserfläche zugrunde.

Bei der folgenden Analyse der Fischfangstatistiken glaube ich die eben diskutierten Fehlerquellen ausreichend berücksichtigt zu haben, ohne daß es bei der beabsichtigten Kürze der Übersicht möglich wäre, meine Auslegung in allen Einzelheiten zu begründen. Der Angleranteil am Gesamtfang ist in den hier wiedergegebenen Zahlen nicht berücksichtigt. Er hat ganz offensichtlich in den einzelnen Jahren, bedingt durch die sehr unterschiedliche ernährungswirtschaftliche Situation, sehr großen Schwankungen unterlegen und kann daher auch nicht durch einen einheitlichen Prozentsatz des Netzfangertrages ausgedrückt werden.

In der Bleilochsperre (Tabelle 36) beginnt die Berufsfischerei in den ersten Jahren (1932 bis 1936) mit sehr geringen Erträgen. Die Gründe dafür sind offensichtlich: 1. Der Fischbestand ist noch mengenmäßig gering und unausgeglichen; die bisherige Population aus Flußfischen (vorwiegend Barben) muß sich erst im Laufe von Jahren zu einer Population von Seenfischen (Plötze, Barsch usw.) von ausreichender Größe wandeln. 2. Gerade in den ersten Jahren ist die Verunreinigung durch Sulfitablaugen sehr stark, da die Jahre 1932, 1933 und 1934 zuflußarm sind. 1936 wird mit der Errichtung einer Spiritusfabrik im Zellstoffwerk die Vergärung der Ablaugen eingerichtet, so daß ab 1937 die wirksame Belastung der BlSp geringer wird, nachdem die Hexosen aus den Ablaugen entfernt und nur noch Sulfitschlempen eingeleitet werden. 3. Das Fischereipersonal muß sich erst in seine neuen Aufgaben einarbeiten. Die Fänge bestehen in der Hauptsache aus kleinen Exemplaren (jüngeren Jahrgängen) billiger Massenfische, für die der Markt kaum aufnahmefähig ist.

In der zweiten Periode (1937 bis 1942) werden relativ stetige, aber geringe Flächenerträge zwischen 4,1 und 8,3 kg/ha erzielt.

Die Ergebnisse dieser Jahre sind auch Wundsch bekannt gewesen; er gibt u. a. eine Aufgliederung der Jahresfänge nach Fischarten für 1938 bis 1942 (genauer: bis einschließlich August 1943). Auf Grund dieser Zahlen kommt Wundsch für die Bleilochsperre zu seinem Ertragswert von 8,56 kg/ha Fischen (einschließlich eines geschätzten Angleranteils von 15% des Netzfischfangs).

Nun schließt sich unmittelbar an diese von Wundsch noch erfaßte zweite Periode der Bleilochsperrenfischerei eine dritte an, die zu völlig anderen Aspekten führt.

Tabelle 36. Bleilochsperre. Erträge der Berufsfischerei 1932 bis 1953

Jahr	kg	Wert in RM bzw. DM	Ertrag in kg/ha[1])
1932	0	0	0
1933	0	0	0
1934[2])	17	11	0
1935[2])	36	24	0,1
1936[2])	583	285	0,7
1937[2])	3414	2253	4,9
1938	2867	1904	4,1
1939	3016	1997	4,3
1940	4412	3464	6,3
1941	5787	4127	8,3
1942	5413	5207	7,7
1943	12567	8918	18,0
1944	4736	5114	6,8
1945[3])	1025	675	1,5
1946	24612	24786	35,2
1947[4])	26685	28941	38,1
1948	27771	25528	39,7
1949	38683	37960	55,3
1950	10074	10118	14,4
1951	3842	5412	5,5
1952[5])	536	1050	0,8
1953[6])	3806	6238	5,4

[1]) Der Berechnung ist eine Durchschnittswasserfläche von 700 ha zugrunde gelegt.
[2]) Gewichtsmengen (kg) nach dem durchschnittlichen kg-Preis des Fanges 1938 berechnet, da nur die Erlöse in RM beigebracht werden konnten.
[3]) Die Fischerei ruhte fast ganz (Jahr des Zusammenbruchs).
[4]) Einschließlich 2168 kg Eigenverbrauch des Betriebes.
[5]) Fischerei nur in 2 Monaten (Oktober und November).
[6]) Fischerei nur in 5 Monaten (Februar bis April, Oktober bis Dezember).

Die Entwicklung ist bereits 1943 erkennbar, wird durch die Jahre 1944 und 1945 (Kriegsende und Zusammenbruch) unterbrochen und hat ihren Höhepunkt 1946 bis 1949. Die erste Ertragsspitze brachte das Jahr 1943 mit 18 kg/ha. 1944 kam die Berufsfischerei infolge der Zeitverhältnisse allmählich zum Erliegen, und die Zahlen für 1945 sind für eine Auswertung ganz unbrauchbar. Das Jahr 1949 mit dem Rekordergebnis von 55,3 kg/ha des Zugnetzfanges der Berufsfischerei zeigt wieder aus anderen Gründen, die weiter unten analysiert werden, Abweichungen und muß zunächst auch unberücksichtigt bleiben. Typisch für die dritte Periode sind die Jahre 1946 bis 1948. Sie erbrachten ziemlich gleichmäßig hohe Jahreserträge von durchschnittlich 37,7 kg/ha (einschließlich eines Angleranteils von 15 % nach WUNDSCH wären es 43,3 kg/ha). Das ist reichlich das Fünffache des von WUNDSCH geschätzten Durchschnittsertrages, obgleich neben der berufsmäßigen Zugnetzfischerei zeitweise eine umfangreiche Raubfischerei sogar mit Netzen und Sprengkörpern stattfand. Die Gründe für diese hohen Fischerträge der dritten Periode sind folgende: 1. 1940 und 1941 waren Jahre mit extrem hohen Zuflußmengen. Die Bleilochsperre wandelte sich dadurch von einer „Abwasserkläranlage" in einen stark gedüngten See mit ausgezeichneten Ernährungsbedingungen bei gleichzeitig erträglichen Umweltbedingungen für die Fische. Zugleich trat in den letzten Kriegs-

jahren und in den ersten Nachkriegsjahren ein Produktionsrückgang der Zellstoffabrik ein, der ebenfalls zu einer Abnahme der Konzentration der Ablaugen bzw. Schlempen im Stausee beitrug. Die Bedingungen für die Entwicklung eines nutzbaren Fischbestandes waren also jetzt fast optimal. 2. Das Fischereipersonal war inzwischen gut eingearbeitet und erzielte auch bei der relativ primitiven Art der Befischung ausschließlich mit dem Zugnetz beachtliche Resultate. 3. Infolge der angespannten Ernährungslage waren auch die billigen Massenfische in diesen Jahren jederzeit ohne Schwierigkeiten abzusetzen.

1947 war das erste Nachkriegsjahr mit wieder knappen Zuflüssen (66% des langjährigen Mittels) und brachte die erste Krise für den Fischbestand. Kleine örtliche Fischsterben hatte es während der Sommerstagnation in den obersten Abschnitten der Sperre zwar auch in den früheren Jahren immer einmal gegeben, wenn durch witterungsbedingte Teilzirkulationen bis in die die Ablaugen führenden Schichten des Metalimnions hinab plötzlicher O_2-Schwund auftrat. Bei der Herbstvollzirkulation 1947 wurde es jedoch das erste Mal wieder auch im untersten Abschnitt der Bleilochsperre für den Fischbestand kritisch. Bei langsamem O_2-Schwund zeigen die Fische in der Bleilochsperre durch eine Art von „physiologischer Dressur" (Wundsch) eine ungewöhnliche Resistenz gegenüber recht niedrigen Werten; bei plötzlichem Schwund gehen sie jedoch beim Überschreiten wesentlich höher liegender Grenzwerte zugrunde. Die 1947 erstmalig wieder im ganzen Talsperrengebiet beobachteten Fischsterben waren aber nicht so umfangreich, daß der Fischbestand spürbar angeschlagen worden wäre. Immerhin waren sie das erste Alarmzeichen dafür, daß sich die hydrochemischen Verhältnisse bei nachlassenden Zuflußmengen und offenbar wieder angestiegenen Mengen von Ablaugen entscheidend verschlechtert hatten. Ein weiteres Symptom der eingetretenen Änderung war die Beobachtung, daß nun Jahr für Jahr immer weitere Fangplätze (Zugnetzstellen) in den obersten Abschnitten der Sperre aufgegeben werden mußten. Der Fischbestand zog sich langsam in die untere Hälfte der Talsperre zurück bzw. kam in den obersten Abschnitten nach den alljährlichen sommerlichen Fischsterben nicht wieder hoch.

Die Katastrophe, die die Periode der Blütezeit der Fischerei in der Bleilochsperre beendete, trat dann mit der Herbstvollzirkulation 1949 ein. Nach dem hydrologisch normalen Jahr 1948 erbrachte 1949 wiederum ein starkes Defizit des Zuflusses und erreichte nur 50% des langjährigen Zuflußmittels. Die dadurch in stärkerer Konzentration im Metalimnion angesammelten Ablaugen dieses Jahres bewirkten bei der Herbstvollzirkulation einen radikalen O_2-Schwund auch in den unteren Abschnitten der Bleilochsperre, und es kam zu einem starken Fischsterben. Der Rekordfang des Jahres 1949 ist darauf zurückzuführen, daß neben einem letztmalig hohen Jahresertrag zusätzlich ein bequemer Massenfang in dem untersten Abschnitt während des Fischaufstandes im Herbst möglich war; von den 38,7 t Jahresfang der Zugnetzfischerei stammen 6,6 t aus dem Monat Oktober. Nur ein Teil des Fischbestandes konnte sich in der kritischen Zeit der Herbstvollzirkulation in die größeren Seitentäler der Bleilochsperre zurückziehen, in deren flachen Ausläufern etwas günstigere Wasserverhältnisse bestehenblieben; aber mit dem Fischsterben im Herbst 1949 war die Blütezeit der Fischerei der Bleilochsperre beendet.

In der mit 1950 beginnenden vierten Periode der Bleilochsperrenfischerei sinken die Erträge stark ab, da sich nun umfangreiche Fischsterben alljährlich im Augenblick der Herbstvollzirkulation wiederholen. 1950 wurden 14,4 kg/ha und 1951 noch 5,5 kg ha erzielt. Mit Ende 1951 wurde der ganzjährige Fischereibetrieb wegen Unrentabilität eingestellt und ab 1952 nur noch zeitweise mit Reusen gefischt. Dieser Teilbetrieb erbrachte 1952 noch 0,8 kg ha, 1953 dagegen wieder 5,4 kg ha.

Dies ist wiederum kein Normalertrag, sondern größtenteils ein Abschöpfen der praktisch letzten Reste des Fischbestandes gewesen, die sich notatmend in den Ausläufern der unteren Seitentäler an der Wasseroberfläche sammelten. Was in diesen Tagen der einsetzenden Herbstvollzirkulation 1953 nicht noch lebend abgeschöpft wurde, ist praktisch verendet, als es anschließend für Monate zu anaeroben Bedingungen mit H_2S-Auftreten bis zur Wasseroberfläche im ganzen Stausee kam. Nach dieser radikalen Vernichtung der Reste des Fischbestandes im Herbst 1953 wurde die Fischerei auf der Bleilochsperre vorläufig ganz eingestellt.

In den Ausgleichsbecken Burgk und Wisenta, die 1952 das erste Mal mit Reusen befischt worden waren (vgl. Tabelle 37), wurde der Fischbestand nach der Herbstvollzirkulation 1953 in der BlSp ebenfalls praktisch vernichtet. Die hohen Fangergebnisse des Jahres 1953 sind auch hier nicht normal. Als Ende Oktober der H_2S-beladene Abfluß aus der Bleilochsperre einsetzte, kam es auch in den beiden Ausgleichsbecken zu anaeroben Verhältnissen und zum Fischaufstand. Abb. 40 vermittelt eine Vorstellung davon, in welchen Massen sich an bestimmten Stellen der beiden Ausgleichsbecken in den Tagen um den 31. Oktober 1953 die Fische in Buchten und an bestimmten Uferstellen notatmend an der Wasseroberfläche zusammendrängten, wo sie in den frühen Morgenstunden mit Käschern wie aus einem Fischbehälter abgeschöpft werden konnten. Soweit die Fische nicht noch lebend herausgefangen wurden, waren sie Anfang November 1953 verendet. Abb. 41 zeigt

Tabelle 37. Obere Saale. Erträge der Berufsfischerei in den Ausgleichsbecken und in der Saalestrecke Walsburg

Jahr	kg	DM
Ausgleichsbecken Burgk		
1952	55	54
1953[1])	1622	1024
Ausgleichsbecken Wisenta		
1952	254	386
1953[2])	635	296
Saalestrecke Walsburg[3])		
1951	1554	9324
1952	1547	9282
1953	1264	7584
1954	87	522
1955[4])	43	258
Ausgleichsbecken Eichicht[5])		
1951	258	490
1952	234	429
1953	0	0
1954	12	22

[1]) Der Fang bestand zu 99% aus Plötzen.
[2]) Davon 59% Plötzen und 28% Barsche.
[3]) Fischerei nur mit dem Elektrogerät auf laichreife Bachforellen in den Monaten November und Dezember. Beifische weniger als 1%, hier vernachlässigt.
[4]) Nur zwei Probefischereien im November.
[5]) Die Fänge bis 1950 einschließlich sind in den Daten für die Hohenwartesperre mitenthalten (Tabelle 39).

die letzten Reste verendeter Fische etwa 14 Tage nach dem Höhepunkt des Fischaufstandes vor dem Abschlußbauwerk des Ausgleichsbeckens Wisenta; die Hauptmasse der hier angetriebenen Fischleichen war an den Tagen vorher bereits laufend beseitigt worden.

Der Anteil der Hauptfischarten am Gesamtertrag der Berufsfischerei in der Bleilochsperre ist für die letzten 7 Jahre des Fischereibetriebs in Tabelle 38 zusammengestellt. Die Veränderungen nach dem ersten starken Fischsterben vom Herbst 1949 sind augenfällig. Am empfindlichsten erwies sich der Barsch, dessen Anteil am Fang schlagartig von rund 50% auf rund 20% zurückging. Die absoluten Fangmengen an Barsch betrugen 1949 16,8 t, 1950 nur noch 1,8 t. Es liegt auf derselben Linie, daß unter den Fischen, die im Herbst 1953 bei dem Fischaufstand in den beiden Ausgleichsbecken abgeschöpft wurden, sich im AB Burgk kaum noch Barsche befanden, im AB Wisenta aber noch 28% Barsche (vgl. Tabelle 37, Anmerkungen). Einen weniger krassen Rückgang zeigt zunächst die Plötze, die aber dann ab 1951 praktisch verschwindet. Der Hecht zeigt dagegen eine extreme Zunahme; sein prozentualer Anteil am Gesamtfang steigt von knapp 2% in den Jahren 1947 bis 1949 auf 51% im Jahre 1952 an. Dabei liegen sogar die absoluten Fangmengen über den früheren Erträgen bis 1949.

Tabelle 38. Bleilochsperre. Anteil der Hauptfischarten am Gesamtertrag der Berufsfischerei 1947 bis 1953 (in Prozent)

Fischart	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953
Barsch	20,5	54,9	43,4	18,3	17,3	18,8	9,6
Blei	13,1	2,7	15,9	19,7	37,7	22,8	60,4
Hecht	1,9	1,8	1,7	6,5	17,4	51,0	25,1
Plötze	64,1	40,4	38,2	52,5	26,0	2,9	0,6
Sonstige	0,4	0,2	0,8	3,0	1,6	4,5	4,3

Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß die Änderungen in der Zusammensetzung des Fischfanges zum Teil auch auf die Modernisierung des Fangbetriebes zurückzuführen sind und daß nach Einführung der Reusenfischerei der Anteil des Hechtes (wie überhaupt der „besseren" Arten und Sortierungen) schon aus diesem Grunde ansteigt. Entwicklungen von derselben Tendenz in der Hohenwartesperre werden weiter unten analysiert werden.

Die Zusammensetzung des Fanges im letzten Jahr 1953 mit dem starken Ansteigen des Bleis (60% des Gesamtfanges) ist ein Zeichen dafür, daß die letzten Reste auch der widerstandsfähigsten Fische abgeschöpft wurden. In absoluten Mengen liegt aber der Fang 1953 an Blei (2298 kg) weit unter dem Rekordfang des Jahres 1949 (6175 kg).

In der Saalestrecke Walsburg, der rund 9 km langen Flußstrecke zwischen den Talsperren, begann die berufsmäßige Nutzung, wie bereits erwähnt, erst im November 1951 mit dem erstmaligen Fang von Laichforellen für das neu errichtete Brüthaus Lothramühle. In den ersten beiden Jahren 1951 und 1952 wurden Erträge von je 15,5 dz Laichforellen (ausschließlich Bachforellen) erzielt (Tabelle 37). Schon im zweiten Jahre der Bewirtschaftung (1952) wurden in den kritischen Tagen der Herbstvollzirkulation in der Bleilochsperre die ersten toten Forellen auf dem obersten Kilometer der Strecke, gleich unterhalb des Ausgleichsbeckens Wisenta, aufgefunden. Die Fische, etwa 12 Stück, lagen auf dem Flußgrund oder angetrieben am Ufer und zeigten die typische Erstickungsstellung (weit aufgerissenes Maul und ab-

Abb. 40. Ausgleichsbecken Wisenta, Bucht unmittelbar oberhalb des Abschlußbauwerks, links. Fischaufstand beim Einbruch des sauerstoffleeren und schwefelwasserstoffbeladenen Wassers nach der Herbstvollzirkulation 1953 in der Bleilochsperre. Die Fische (vorwiegend Plötzen) stehen dichtgedrängt notatmend an der Wasseroberfläche. 31. Oktober 1953, etwa 9 Uhr.

gespreizte Kiemendeckel). Auf den oberen beiden Kilometern der Saalestrecke war 1952 der Fangertrag bereits deutlich geringer als im Vorjahr. 1953 konnte bei höherem Arbeitsaufwand nochmals ein Ertrag von 12,6 dz Laichforellen erzielt werden, der vorwiegend in der unteren Hälfte der Strecke, unterhalb des Wehres Walsburg, zusammengebracht wurde. Nach dem kritischen Winter 1953/54 (Fischsterben in den beiden Ausgleichsbecken) war auch der Forellenbestand in der Saalestrecke Walsburg bis auf kleine Reste vernichtet. Probeabfischungen 1954 und 1955 ergaben die in Tabelle 37 wiedergegebenen geringen Resultate. Mit dem Ausfall der Saalestrecke kam auch das Bruthaus Lothramühle zum Erliegen. Damit verlor die Berufsfischerei Hohenwarte ihre wirtschaftliche Grundlage und wurde im Frühjahr 1955 ebenfalls vorläufig eingestellt.

In der Hohenwartesperre begann die Berufsfischerei (Tabelle 39) bereits im Jahre des Anstaus 1942 in stärkerem Umfang als 10 Jahre vorher in der Bleilochsperre. Der Grund dafür war, daß sich in der Hohenwartesperre gleich nach dem Anstau ein zwar kleiner, aber relativ wertvoller Fischbestand befand (vgl. die Relation Fangmenge zu Erlös in den ersten Jahren, Tabelle 39). Nach dem Anstau der Bleilochsperre 1932 hatte sich die Saale bis in das Gebiet der Hohenwartesperre hinein aus einem Gewässer der Barbenregion in einen Fluß mit vorwiegend aus Forellen bestehendem Bestand gewandelt. Nach dem Anstau der Hohenwartesperre blieb die Saalestrecke Walsburg reines Forellengewässer; in der neuen Talsperre selbst be-

Tabelle 39. Hohenwartesperre[1]). Erträge der Berufsfischerei 1942 bis 1955

Jahr	kg	Wert in RM bzw. DM	Ertrag in kg/ha[2])
1942[3])	1185	3027	2,4
1943	1628	2734	3,3
1944	2449	3640	4,9
1945[4])	913	1586	1,8
1946	4852	5161	9,7
1947	3337	3190	6,7
1948	3576	3651	7,2
1949	7040	7286	14,1
1950	10875	10456	21,8
1951	6239	6276	12,5
1952	6380	7647	12,8
1953	3829	5142	7,7
1954	2141	3310	4,3
1955[5])	252	552	—

[1]) Bis 1950 einschließlich Ausgleichsbecken Eichicht.
[2]) Der Berechnung ist eine Durchschnittswasserfläche von 500 ha zugrunde gelegt.
[3]) Ertrag in RM nach der artlichen Zusammensetzung des Fanges errechnet.
[4]) Die Fischerei ruhte fast ganz (Jahr des Zusammenbruchs).
[5]) Fischerei nur in einem Monat (April); Ertrag zu 95% Hecht.

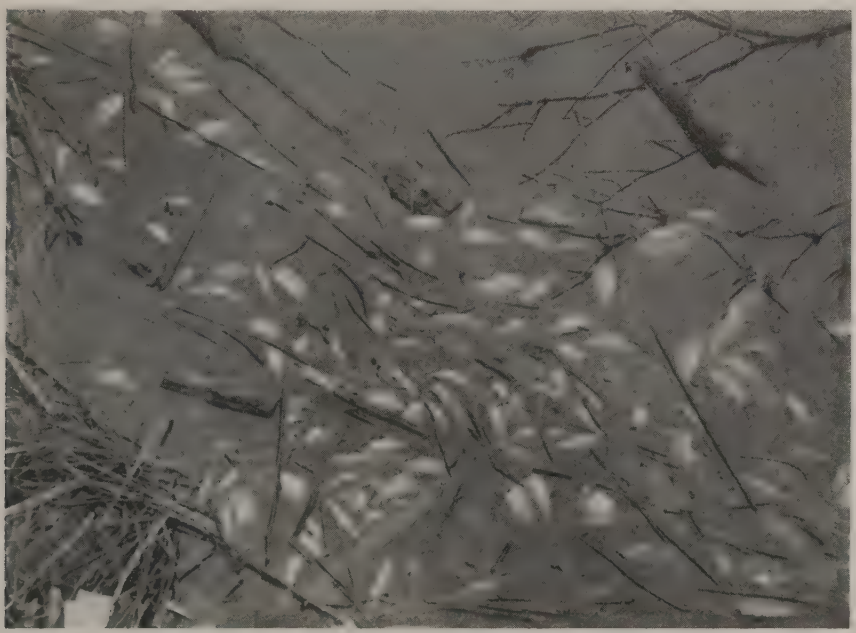


Abb. 41. Ausgleichsbecken Wisenta, unmittelbar oberhalb des Abschlußbauwerks. Verendete Fische, etwa 8 Tage nach endgültiger Vernichtung des Fischbestandes. 14. November 1953.

fand sich zunächst ein Mischbestand aus Forellen und Weißfischen, der sich bald in eine Population von Seenfischen aus Barsch, Plötze, Hecht und Blei wandeln mußte. Den Grund für diese in allen Großstaubecken der Mittelgebirge zu beobachtende Entwicklung hat bereits Wundsch (1949) überzeugend dargelegt. Aus der bei ihm wiedergegebenen Aufgliederung der Jahresfänge 1942 bis 1946 geht schon hervor, daß der Anteil der Forellen am Gesamtfang, der im Jahre des Anstaus (1942) noch 31 % betrug, 1943 bereits auf 11 % und 1944 auf 2,5 % zurückgegangen war. Es wurden später, bis in die jüngste Zeit hinein, zwar immer wieder einzelne Forellen in der Talsperre selbst gefangen (auch in den unteren Abschnitten), aber hier handelte es sich offenbar um Irrgäste aus der Saalestrecke Walsburg.

Nach der von 1942 bis 1948 dauernden Periode der ersten Ausbildung der dem neuen Gewässer entsprechenden Fischpopulation setzt die zweite Periode, die der planmäßigen Nutzungsmöglichkeit dieses zunächst noch nicht ganz ausgeglichenen Bestandes, ein. Die Jahre 1949 bis 1952 erbringen im Mittel 15,3 kg/ha. Ab 1953 gehen nun die Erträge wieder stark zurück. Dieser Rückgang steht aber nicht im Zusammenhang mit der Änderung der hydrochemischen Verhältnisse, sondern hat andere Ursachen. Die Verschlechterung der Wasserverhältnisse trat erst im Sommer 1954 ein, und das Maximum der organischen Belastung fällt erst in den Spätherbst 1954, als der Ertragsrückgang 1953 und das Minimum 1954 bereits vorlagen. Es kam in der Hohenwartesperre bis zum Herbst 1954 auch zu keinen auf die Wasserbeschaffenheit zurückführbaren Fischsterben, da das Epilimnion stets ausreichend aerob blieb. Sicherlich sind die Fische in der zweiten Hälfte der Sommerstagnation 1954 aus den anaerob werdenden tieferen Horizonten vertrieben worden. Es kam aber nirgends zu bemerkenswerten Ansammlungen dieser Fische, denn sonst wären sie (ähnlich wie in der Bleilochsperre 1949 und 1953 und in den Ausgleichsbecken 1953) eine leichte Beute für die Fischerei geworden, und die Erträge hätten 1954 nicht absinken, sondern auf ein Maximum ansteigen müssen.

Der prozentuale Anteil der wichtigsten Fischarten am Gesamtertrag der Berufsfischerei in der Hohenwartesperre ist für die Jahre 1946 bis 1954 in Tabelle 40 wiedergegeben. Vergleicht man die Entwicklung der letzten Jahre mit der in der Bleilochsperre (Tabelle 38), so ergeben sich auf den ersten Blick überraschende Parallelen. In beiden Fällen nehmen die Anteile von Barsch und Plötze radikal ab, während Hecht und Blei sehr stark zunehmen. Diese übereinstimmende Entwicklung hat jedoch meines Erachtens nur zum geringeren Teil dieselben Gründe, in der Hauptsache beruht sie auf völlig verschiedenen Ursachen.

Tabelle 40. Hohenwartesperre. Anteil der Hauptfischarten am Gesamtertrag der Berufsfischerei 1946 bis 1954 (in Prozent)

Fischart	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954
Barsch	19,6	45,0	46,3	39,5	51,3	25,6	28,7	23,3	8,0
Blei	0,3	0	0	3,3	2,2	5,8	5,6	17,8	54,5
Hecht	8,7	5,2	2,7	3,3	3,9	11,5	22,5	30,0	31,8
Plötze	69,4	49,1	49,4	53,1	42,0	55,2	39,9	26,7	1,2
Sonstige	2,0	0,7	1,6	0,8	0,6	1,9	3,3	2,2	4,5

In beiden Fällen wirkt die Umstellung in der Fangtechnik mit. Die immer stärkere Anwendung von Reusen an Stelle des Zugnetzes bedingt ab 1952 vor allem eine bessere Erfassung des Hechtes und eine gewollte Vernachlässigung der Plötze, deren Population in der Hohenwartesperre meist aus kleineren Exemplaren (Markt-

sorten II und III) bestand. Die Zunahme des Bleis ist auf das jetzt spürbar werdende Heranwachsen eines allmählich nutzbar werdenden Bestandes zurückzuführen; mit zunehmender Eutrophierung der Hohenwartesperre bekommt dieser typische Bodentierfresser des Profundals überhaupt erst normale Entwicklungsmöglichkeiten. Der Rekordfang des Jahres 1954 ist einmal auf den Hochwassereinbruch zurückzuführen, der den Fisch erstmalig in Massen zum Laichen (ab Mitte Juli, vgl. oben) auf die frisch überstauten Uferstreifen führte, und weiterhin auf den hypolimnischen Sauerstoffschwund dieses Jahres, der den Blei im Herbst aus der Tiefe auf die Fangplätze vertrieb. Der Rückgang des Barsches ist teilweise auf eine Erkrankung des Bestandes durch starken Befall mit Kratzern (Acanthocephala) zurückzuführen, der die Population offensichtlich dezimierte; es wurden häufig verendete und abgemagerte kleine Barsche aufgefunden. Zum Teil beruht aber der Rückgang des Barsches ebenso wie der starke Rückgang der Plötze auf einer Dezimierung der Populationen durch den übermäßig angewachsenen Hechtbestand. Einige Jahre mit günstigen Laichbedingungen hintereinander hatten den Hecht stark zunehmen lassen. Die primitive Zugnetzfischerei hatte den Hecht zu schlecht erfaßt; erst die Reusenfischerei (ab 1952) griff wirksam in die übermäßig angewachsenen Hechtbestände ein; aber inzwischen hatten die Raubfische unter ihren Nahrungsfischen entsprechend aufgeräumt. Diese Dezimierung der Friedfischbestände und der (kleinen) Barsche ist in einem so langgestreckten „Rinnensee" wie der Hohenwartesperre, wo der Hecht auch als „Uferfisch" praktisch das ganze Gewässer beherrscht, sehr leicht möglich. Diese Entwicklung ist allerdings gerade das Gegenteil von dem, was Wundsch (1949) als Prognose für die typische Entwicklung des Hechtfanges in den Staubecken aufstellte.

Auch unabhängig von dem durch das Julihochwasser und die Auszehrung des Hypolimnions im Jahre 1954 bedingt gewesenen Rekordfang an Blei ist eine deutliche Zunahme dieses Fisches in der Hohenwartesperre nicht zu verkennen. Leider macht zur Zeit die Einstellung der Berufsfischerei eine Weiterverfolgung der Entwicklung des Fischbestandes in der Hohenwartesperre nicht möglich. Nach den hydrochemischen Großereignissen des Jahres 1954 müssen sich als Folge der fortgeschrittenen Eutrophierung die Ernährungsbedingungen der Fischarten, die künftig den Hauptanteil der Berufsfischerei bilden werden, spürbar gebessert haben. Es besteht kein Grund dafür, anzunehmen, daß die Hohenwartesperre in Zukunft nicht auf Durchschnittserträge kommen wird, wie sie etwa die Edertalsperre aufweist, also auf etwa 25 kg/ha.

SCHLUSSWORT

Die Wasserwirtschaft hat heute die beiden Hauptaufgaben,den lebensnotwendigen Rohstoff Wasser einerseits in genügender Menge, andererseits in ausreichender Güte für die mannigfaltigen Nutzungszwecke bereitzustellen. Die vorliegende Arbeit hat mit den in ihr diskutierten Problemen enge Beziehungen zu beiden Aufgabenstellungen. Die Talsperren selbst dienen der ersten Aufgabe, die im Gebiet der Oberen Saale, wo die Großstaubecken nahezu einen Jahresabfluß ihres Einzugsgebietes speichern können, bereits im Rahmen des Möglichen gelöst erscheint. Die in dieser Abhandlung eingehend untersuchte Frage der übermäßigen Belastung eines öffentlichen Gewässers mit Abfallstoffen der Industrie rührt an die zweite Hauptaufgabe, die Wiederherstellung der Wassergüte. Dies ist heute in allen stärker industrialisierten Gebieten nicht nur unseres Landes ein ebenso schwieriges wie dringliches Problem,

dessen Meisterung aber entscheidend für den Aufbau einer gesunden Volkswirtschaft ist.

Es kann durchaus als Zeichen der Zeit gewertet werden, wenn im Jahre 1953 ein Zoologe seine Antrittsvorlesung an einer Universität der Deutschen Demokratischen Republik über aktuelle Aufgaben der biologischen Wasseranalyse hält und sich in seinen Ausführungen mit dem Anwachsen der Verunreinigung der öffentlichen Gewässer und der Notwendigkeit der Abwendung der hier drohenden Gefahren befaßt (Wetzel 1953). Die Forderung, das für irgendwelche Zwecke der Industrie oder im Haushalt des Menschen genutzte Wasser in einem solchen Zustand den Vorflutern wieder zuzuführen, daß diese Gewässer für jede weitere normale Nutzung brauchbar bleiben, wird zwar heute erfreulicherweise von allen verantwortlichen Stellen als notwendig erkannt und vertreten. Die Durchführung der sich aus dieser Erkenntnis ergebenden Maßnahmen läßt aber leider noch viel zu wünschen übrig.

In der vorliegenden Abhandlung hat der Verfasser die Ergebnisse von Untersuchungen, die zum großen Teil der reinen Grundlagenforschung angehören, teilweise aber auch in Gebiete der angewandten Biologie fallen, als wissenschaftliche Probleme betrachtet und als solche diskutiert. Er hat dabei auch z. B. den Umstand, daß die Zellstoffindustrie mit ihren Ablaugen die in die Bleilochsperre einfließende Saale so eindeutig und nachhaltig markiert hat, wie es niemals einem Limnologen selbst möglich wäre, als starke Hilfe für die speziellen Untersuchungen über Einschichtung und Ausbreitung des Zuflusses in den Talsperren gern aufgegriffen. Der Verfasser ist sich aber in keinem Augenblick seiner Beschäftigung mit den Fragen und Problemen, die dieser Arbeit zugrunde liegen, darüber im unklaren gewesen, daß es sich um Dinge handelt, deren Abstellung dringend notwendig ist.

Die Gesellschaft erwartet mit Recht von ihren Wissenschaftlern, daß sie dort, wo sie durch ihre Arbeit auf Mißstände stoßen, ihre Erkenntnisse nicht für sich behalten, sondern sie in geeigneter Form den verantwortlichen Stellen und der Öffentlichkeit unterbreiten. Der Verfasser glaubt durch Bekanntgabe von Teilergebnissen seiner Untersuchungen, durch gutachtliche Äußerungen vor Behörden und Fachverbänden und durch wissenschaftliche und zahlreiche populärwissenschaftliche Vorträge zu seinem Teil daran mitgewirkt zu haben, daß die Sanierung der Bleilochsperre heute unter die vordringlichen Aufgaben der Wasserwirtschaft in der DDR aufgenommen worden ist.

Es ist gewiß nicht leicht, im Stadium des Aufbaues einer leistungsfähigen und den Erfordernissen der Gesellschaft angepaßten Industrie gleichzeitig das schwierige Abwasserproblem lösen zu müssen. Es sind dabei umfangreiche Investitionen an wertvollstem Material und an Arbeitskraft erforderlich, die nur zu Lasten anderer Aufgaben gehen können. Es ist auch verständlich, wenn unter den vielen vorliegenden Aufgaben auf dem Abwassergebiet diejenigen bevorzugt werden, bei deren Inangriffnahme wenigstens in den zu errichtenden Kläranlagen Wertstoffe wiedergewonnen werden, die bisher ungenutzt und als Schadstoffe in die Vorfluter gelangten. Nur dort, wo es wirklich unvermeidlich ist, wird gerade ein verantwortungsbewußt Handelnder der Inangriffnahme von Anlagen zustimmen, die der bloßen Vernichtung von Stoffen dienen. Leider gehören nach dem heutigen Stand der Abwassertechnik die Sulfitablaugen zu dieser Gruppe von Stoffen, deren unschädliche Beseitigung nur durch eine völlige Fernhaltung vom Vorfluter und durch eine Eindickung und Verbrennung möglich ist.

Es ist aber notwendig, darauf hinzuweisen, daß auch diese unerfreulichsten und, isoliert betrachtet, unproduktiven Aufgaben der Abwasserwirtschaft heute an manchen Stellen wichtiger und vordringlicher sind als manche Einrichtungen, bei

denen Wertstoffe zurückgewonnen werden können, an anderen Stellen. Wenn nämlich in einem Abflußgebiet Brauchwasser ausreichender Güte nicht mehr in ausreichender Menge zur Verfügung steht, dann ist jeder Ausbau bestehender oder die Schaffung neuer industrieller Produktionsstätten, die auf solches Brauchwasser angewiesen sind, von vornherein illusorisch. Einen solchen Zustand haben wir aber heute praktisch schon im mitteldeutschen Raum.

Der Verfasser würde seines Erachtens eine Unterlassung begehen, wenn er nicht auch an den Schluß dieser Abhandlung erneut den dringenden Appell an alle zuständigen Stellen setzen würde, mit der eines Kulturstaates unwürdigen und für die Gesellschaft unerträglichen Verschmutzung der größten deutschen Talsperre nun endgültig Schluß zu machen. Es sei auch an dieser Stelle ausdrücklich erklärt, daß es hier keineswegs etwa darum geht, die Interessen der Fischerei gegenüber den Interessen der Zellstoffindustrie durchzusetzen. Die fischereiliche Nutzung ist nur eine der vielen möglichen und notwendigen Nutzungsarten eines öffentlichen Gewässers. Es geht stets darum, die Gesamtheit der Nutzungsmöglichkeiten zu erhalten bzw. wiederherzustellen, damit das Gewässer seinen mannigfaltigen Aufgaben dienen kann.

Auch bei der Bleilochsperre geht es um die Wiederherstellung der Möglichkeit einer normalen Gesamtnutzung des Wassers. In Deutschland benötigt die Industrie den weitaus größten Anteil des geförderten Wassers. Im Flußlauf der Saale unterhalb der Sperren stehen unmittelbare Interessen der Industrie im Vordergrund. Daneben geht es aber um die Abstellung der Gefährdung der Großkraftwerke an den Sperren, um die Belange der Hygiene und der Volksgesundheit, um die Interessen der Landwirtschaft und der Fischerei und nicht zuletzt auch um die Erhaltung bzw. Wiedergewinnung der Bleilochsperre als Ausflugs- und Erholungsziel für zahllose Besucher und Urlauber im an Gewässerflächen armen mitteldeutschen Raum. Neben lebenswichtigen wirtschaftlichen Interessen handelt es sich also ebenso um wichtige politische Momente. Videant consules ne quid detrimenti capiat res publica.

Literatur

Amlacher, E., 1952: Nahrung und Wachstum von Barsch, Plötze und Blei in der Bleilochsperre (Obere Saaletalsperre) bei Saalburg. Dipl.-Arbeit, Math.-Nat. Fak. Univ. Jena (Manuskript).

Behning, A., 1929: Über das Plankton der Wolga. Verh. Intern. Ver. Limnologie **4**, 192—212.

Busse, G., 1956: Untersuchungen über das Plankton der Gothaer Talsperre. Dipl.-Arbeit, Math.-Nat. Fak. Univ. Jena (Manuskript).

Chalupa, J., & Stepanek, M., 1957: A contribution to the study of vertical migration of Zooplankton and environment characteristics in Reservoir Sedlice (Czechoslovakia). Sbornik vysoke skoly chem.-techn. v Praze (Tschechisch, mit engl. Zusammenfassung).

Czensky, R., 1926: Die zu den wichtigsten chemischen Methoden der Wasseruntersuchung benötigten Gerätschaften und Chemikalien sowie ihre Anwendung auf der Reise und im Laboratorium. Zschr. f. Fischerei **24**, 435—484.

Elster, H.-J., 1939: Beobachtungen über das Verhalten der Schichtgrenzen nebst einigen Bemerkungen über die Austauschverhältnisse im Bodensee (Obersee). Arch. f. Hydrobiol. **35**.

& Schmolinsky, F., 1953: Morphometrie, Klimatologie und Hydrographie der Seen des südlichen Schwarzwaldes I. Arch. f. Hydrobiol., Suppl. **20**, 157—211 und 375—441.

Gessner, F., 1925: Das Plankton der Isergebirgstalsperren. Jahrb. d. Naturfr. Reichenberg.

1930: Die Biologie der Moorseen. Untersucht an den Moortalsperren des Isergebirges. Arch. f. Hydrobiol. **20**.

— 1955: Hydrobotanik I. 517 S. Berlin.

Haupt, H., 1935: Die Permanganatzahl bei der Beurteilung der Zellstoff-Fabrikabwässer. Vom Wasser **10**, 60—77.

Hennig, W., 1948—1952: Die Larvenformen der Dipteren I—III. Berlin.
Illies, J., 1958: Die Barbenregion mitteleuropäischer Fließgewässer. Verh. Intern. Ver. Limnologie **13**, 834—844.
Jaag, O., 1949: Die neuere Entwicklung und der heutige Zustand der Schweizer Seen. Verh. Intern. Ver. Limnologie **10**, 192—209.
Jensen, C. F., 1951: To nye danske døgnfluer (Ephemeroptera). Flora og Fauna 111—114.
Knöpp, H., 1955: Ein neuer Weg zur Darstellung biologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutert an einem Gütelängsschnitt des Maines. Wasserwirtschaft **45**, 9—15.
Kolkwitz, R., 1950: Ökologie der Saprobien. Über die Beziehungen der Wasserorganismen zur Umwelt. (Schriftenr. d. Ver. f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene **4**). Stuttgart.
Kuzin, B. S. (Redaktor), 1955: Trudy biologičeskoj stancij Borok (Arbeiten der biologischen Station Borok), Band 2 (Russisch), 416 S. Moskau-Leningrad.
Liebmann, H., 1938: Biologie und Chemismus der Bleilochsperre. Arch. f. Hydrobiol. **33**, 1—88.
— 1951: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie I. 539 S. München.
— 1958: Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie II. Lief. 1. Jena.
Macan, T. T., 1951: The taxonomy of the British species of Siphlonuridae (Ephem.) Hydrobiologia **3**, 84—92.
— & Lund, J. W. G., 1954: Records from some Irisk Lakes. Proc. R. Irish Acad. **56**, Sect. B., 135—157.
Minder, L., 1939: Der Wäggitalersee. Schweiz. Zschr. f. Hydrol. **8**, 143—186.
Ohle, W., 1953: Die chemische und die elektrochemische Bestimmung des molekular gelösten Sauerstoffs der Binnengewässer. Mitt. intern. Verein. Limnol. **3**, 1—44.
– 1954: Sulfat als „Katalysator" des limnischen Stoffkreislaufs. Vom Wasser **21**, 13—32.
Pantle, R., 1956: Biologische Flußüberwachung. Wasserwirtschaft **46**, Heft 8.
– & Buck, H., 1955: Biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- u. Wasserfach **96**, Heft 18.
Pesta, O., 1928: Krebstiere oder Crustacea I: Ruderfüßer oder Copepoda. Tierwelt Deutschlands **9**. Jena.
Roll, Ja. W. (Redaktor), 1953: Prognoz biologičeskogo režima Kachovskogo vodochranilišča i nizov'ev Dnepra (Prognose des biologischen Regimes des Kachowsker Stausees und des unteren Dnepr). 190 S. Kiew (Russisch).
Ruttner, F., 1940: Grundriß der Limnologie. 167 S. Berlin.
Rylov, W. M., 1935: Das Zooplankton der Binnengewässer. Die Binnengewässer **15**, 272 S. Stuttgart.
Schneider, G., 1912: Das Plankton der westfälischen Talsperren des Sauerlandes. Arch. f. Hydrobiol. **8**.
Schoenemund, E., 1930: Eintagsfliegen oder Ephemeroptera. Tierwelt Deutschlands **19**. Jena.
Schräder, Th., 1953: Vom Wiederaufbau der Forellenzucht Thüringens. Fischen und Angeln. Hefte 2 und 3.
– 1954: Ausbreitung und Schichtung der Sulfitablaugen in der Bleilochsperre und Bilanz der Selbstreinigung des Stausees im Jahre 1951. Wasserwirtschaft — Wassertechnik **4**, 7—13 und 57—64.
– 1955a: Die heutige Lage der Saaletalsperren-Fischerei. Mitt. Fischwirtschaftsgen. Thür. **10**, 31—36.
– 1955b: Die Auswirkung der organischen Belastung der Saaletalsperren nach dem extrem niederschlagsarmen Winter 1953/54 (Vorl. Mitt.). Arch. f. Hydrobiol., Suppl. **22**, 524—529.
— 1955c: Die Verunreinigung unserer Gewässer. Urania-Universum **1**, 519—527.
— 1956a: Talsperren. Urania **19**, 57—65.
– 1956b: Die Auswirkung fäulnisfähiger Abwässer in stehenden Gewässern am Beispiel der Saaletalsperren. Wiss. Zschr. Univ. Jena, Math.-Nat. **5**, 121—129.
— 1956c: Die Saaletalsperren. Thür. Heimat **1**, 98—113.
– 1956d: Polyvinylalkohol-Lactophenol-Gemisch als Einbettungsmittel für Zooplankter und insbesondere als Hilfsmittel für eine einfache Herrichtung von Copepoden zur Bestimmung. Gewässer und Abwässer **14**, 52—56.
— 1957: Von Thüringens Fischerei und Fischzucht. Thür. Heimat **2**, 75—86.

Schräder, Th., 1958a: Chemische und biologische Auswirkungen von Sulfitablaugen in den Großtalsperren an der oberen Saale (Thüringen). Verh. intern. Ver. Limnologie **13**, 491–506. 1958b: Beiträge zur Limnologie und Abwasserbiologie der Saaletalsperren. IV, 366 gez. Bl. mit 68 eingekl. Abb. 4° (Maschinenschr.). Jena, Math.-Nat. Fak., Habil.-Schrift v. 27. 2. 1958.

— 1958c: Thermische Verhältnisse in Talsperren. Gewässer und Abwässer **21**, 68—88.

— 1959: Die Aufgaben der Biologie in der Wassergütewirtschaft. Monatsber. Dtsch. Akad. Wissensch. **1**, 188—194.

Steffens, W., 1952: Über Abwasserfragen unter besonderer Berücksichtigung der Abwässer von Kunstseiden- und Zellstoff-Fabriken. Wasserwirtschaft — Wassertechnik **2**, 144—146, 176—179, 208—210.

Stundl, K., 1937: Chemisch-biologische Untersuchung des neuentstandenen Sees bei Neufeld a. d. Leitha, Burgenland. Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. **34**, 24—42.

— 1942: Limnologische Untersuchungen an einigen westfälischen Talsperren. Arch. f. Hydrobiol. **38**, 70—97.

Thienemann, A., 1911: Hydrobiologische und fischereiliche Untersuchungen an den westfälischen Talsperren. Landw. Jahrb. **41**, 535—716.

Tonolli, V., 1956: Il Lago di Ledro nelle sue vicende di lago naturale, lago-serbatoio e lago rifornito. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. **9**, 25—48.

Vollenweider, R. A., 1956: L'influenza della torbidita provocata dalle aque di piena nel bacino di Pallanza (Lago Maggiore). Mem. Ist. Ital. Idrobiol. **9**, 85—111.

Wagler, E., Neudruck 1957: Klasse Crustacea, Krebstiere. Die Tierwelt Mitteleuropas II. 222 S. Leipzig.

Werner, O. H., 1941: Hydrologie des Saalegebietes von der Quelle bis zur Unstrutmündung (Staatsexamensarbeit Geographie). Manuskript. Univ.-Arch. Jena F1 1386/1941.

Wetzel, A., 1953: Aktuelle Aufgaben der biologischen Wasseranalyse. Wiss. Zschr. Univ. Leipzig 1952/53, S. 445—452.

Wundsch, H. H., 1949: Grundlagen der Fischwirtschaft in den Großstaubecken. Abh. a. d. Fischerei **1**, 17—186.

Wünsch, R., & Gessner, F., 1928: Das Plankton der Gablonzer Talsperre. Jahrb. d. Naturfr. Reichenberg.

Žadin, V. I., & Ivanova, M. B., 1959: Obzor mirovoj literatury o vodochraniliščach. Trudy VI soveščanija po problemam biologii vnutrennich vod. (Übersicht der Weltliteratur über Stauseen. Arbeiten der VI. Konferenz über Probleme der Binnengewässer) 615—651. Moskva-Leningrad, (Russisch).

Dozent Dr. phil. habil. Theodor Schräder
Leiter der Forschungsstelle für Limnologie
der Deutschen Akademie der Wissenschaften
zu Berlin
Jena-Lobeda, Alte Landstraße 3

B. G. Bogorov

Institute of Oceanology, Academy of Sciences of the USSR, Moscow

ON THE STANDARDISATION OF MARINE PLANKTON INVESTIGATIONS

TABLE OF CONTENTS

I. Recommendation for the collection of quantitative material 622
1. Collection of microplankton 622
a) Collection of phytoplankton 622
b) Collection of small zooplankton 622
2. Collection of mesoplankton 624
3. Collection of macroplankton 625
4. Work done underway 625
5. Collection of materials on daily phytoplankton production 626
II. Recommendation concerning treatment of material 630
References 633

The ever broadening expanse of investigations concerned with the pelagic life of the seas and oceans has brought about a great diversity of methods of collections and treatment of material. With full appreciation of the progress achieved by planktologists in many countries, it must be stated that too often the results obtained by different methods do not yield themselves to comparisons. There are many problems where it is impossible to compare figures, although the comparative method is of the greatest value in investigations of the quantitative distribution of plankton and the feeding of plankton-eating fishes.

Comparative data are necessary as well for prognostics of changes that may be expected in the food supply of many important commercial species. All this is obvious, and the time has come to agree upon uniform methods of collection and treatment of plankton[1]), especially in view of the tremendous development of plankton investigations that will be carried out, on the suggestion of Prof. L. A. Zenkevitch in different oceanic regions and at biological stations during the International Geophysical Year[2]).

In the USSR recommendations for methods of quantitative plankton investigations have been given in 1934 by W. A. Jaschnov. This paper does not attempt to describe all methods, or many methods, but offers a recommendation based on

[1]) Evidently this is not meant to impede inventive ideas or critical analysis of the comparative value of existing methods, including those suggested in this paper.

[2]) Anmerkung der Herausgeber: Das bereits 1957 dem Verlag eingereichte Manuskript kann erst jetzt — 1959 — zum Abdruck kommen. Wir glauben, daß die Vorschläge, ursprünglich für das Internationale Geophysikalische Jahr gedacht, auch weiterhin Anspruch auf Beachtung haben.

long personal experience and on the works of other scientists (B. G. Bogorov 1947). The recommendations set forth in this paper differ from those of H. Thompson (1950) in so far as the latter take no account of the problem of quantitative plankton investigations. Consequently they differ too from the recommendations accepted at the 5th session of the Indo-Pacific Council (January—February 1954).

I. RECOMMENDATION FOR THE COLLECTION OF QUANTITATIVE MATERIAL

1. Collection of microplankton

Fine-meshed nets cannot be recommended for quantitative collections of microplankton. Such nets are too dense to strain well and even when slowly lifted, behave like water-buckets. Only part of the water is filtered off during the haul, so that the sample obtained is not suited for quantitative determinations. To avoid these drawbacks samples of microplankton should be secured from the desired depth, and an exact volume of water filtered, or allowed to settle, providing material for the determination of the number of organisms, and, hence, of their biomass.

Different collecting devices should be used for phytoplankton and small zooplankton, owing to the wide differences in quantities of vegetable and animal plankton in equal volumes of water. One liter is usually sufficient for the former, while for the latter 25—50 liters are required.

a) Collection of phytoplankton

Water for settling samples is taken with a usual hydrological water-sampler (P. I. Ussachev 1936). In boreal regions one liter is sufficient, in tropical regions five liters are needed. The water is preserved with neutralized formalin (2 %), poured into a high jar and allowed to settle.

The settling period lasts seven days on board and five days in shore laboratories. Then the water is drawn off by a siphon. To avoid stirring of the deposit the tip of the siphon tube is bent upwards for 3—4 cm. The settled plankton is transferred from this bottle to a smaller vessel. Samples are taken from depths of 0.5, 10, 25, 50, 100, 200, 300 m. It is desirable also to take samples from depths of 150 m, 250 m, within the thermocline, above and beneath it[1]).

Phytoplankton can be removed from a water sample by filtration through dense membrane filters. This method involves the loss of a certain number of organisms, when the residue is washed off from the filter. Furthermore, like the centrifuge method it has the disadvantage of low water capacity. Experience shows (Ussachev 1936) that the method of filtration through membrane filters can be recommended for work with living organisms, especially those that are easily destroyed by fixation (small flagellates, microspores and other delicate forms).

b) Collection of small zooplankton

Animal zooplankton (size up to 1 mm) should be collected with a plankton-sampler with walls of silk netting having a capacity of 25 or 50 liters (B. G. Bogorov 1940). To remove plankton from such volumes of water with devices without walls of netting

[1]) It is desirable in the future that hauls with all kinds of devices should be made by strata, according to the distribution of water masses, using to this purpose data on water temperature readily obtainable during routine work at stations. This method may be put into practice after a pertinent agreement on an international scale.

is a very painstaking job, whereas the described plankton-samplers may be operated singly fig. 1 or in series fig. 2. They are made from dense silk bolting cloth with 50—60 meshes per 1 cm. The construction of such a plankton-sampler is shown on fig. 1 and 2.

Abundant microplankton may be collected with a 25 l.-sampler, but when plankton is scanty a 50 l.-sampler should be used. Calculations of volume should take

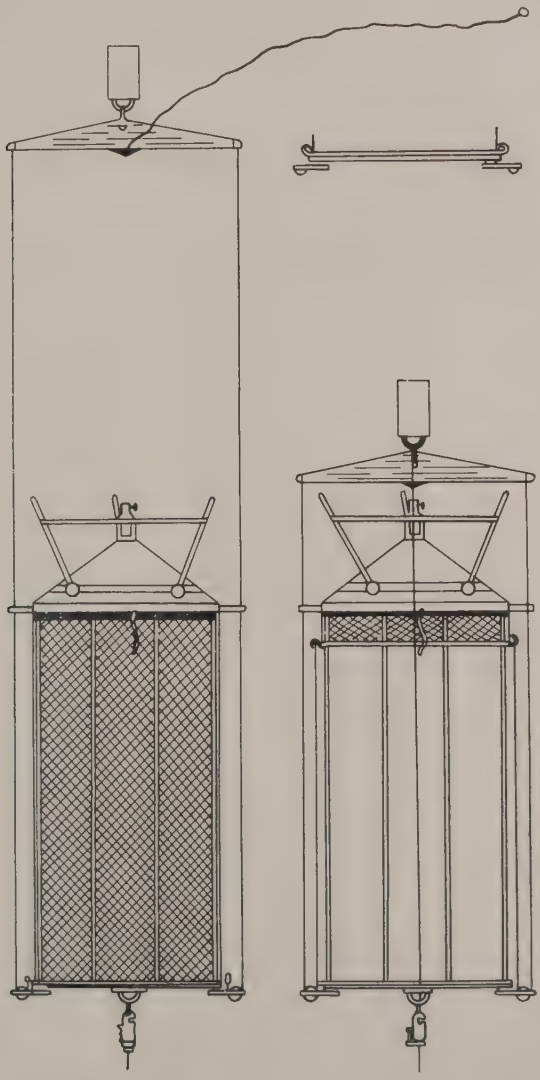


Fig. 1. Bogorovs plankton-sampler. Open to the left: closed - to the right.

into account the volume of water contained in the upper and lower lids of the device and the bottom of the bucket. The plankton-sampler has a diameter of about 30—35 cm. The lengths of the uprights and net cylinders depend on the volume selected. The device takes samples from depths of 0, 10, 25, 50, 75, 100 (150), 200 (250), 300 m, and if required from still greater depths (500, 1000, 3000 m). It is desirable to take samples within, above and beneath thermocline.

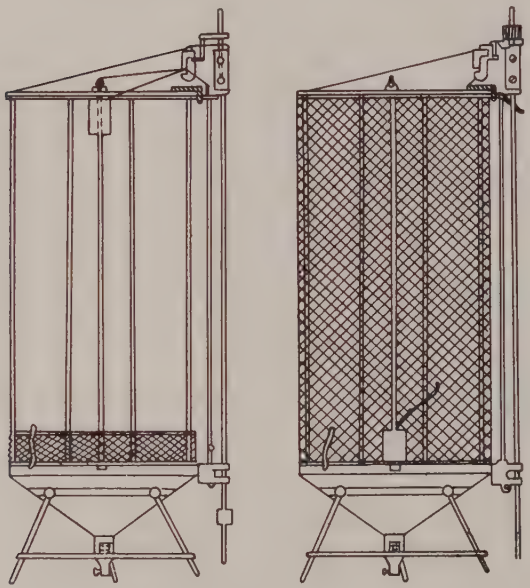


Fig. 2. Serial Bogorovs plankton-sampler. Open — to the left; closed — to the right.

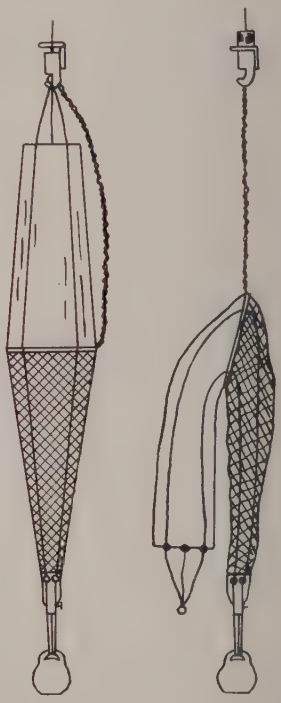


Fig. 3. Juday net. Open and closed.

2. *Collection of mesoplankton*

The closing Juday net (Ch. Juday 1916) see fig. 3 can be recommended for medium sized plankters (up to 5—10 mm) in boreal and polar regions. This net usually gives the best results as compared with other instruments. The following dimensions are used for work in sea water: diameter of the aperture — 37 cm (i. e. an area of 0,1 m^2), diameter of the central ring — 50 cm, lateral length of the upper cone — 120 cm. This sleeve is made of heavy linen or ligth convas. The lower sieving sleeve, has a length of 150 cm and is made of silk bolting cloth with 38 meshes per 1 cm.

Due to the sparcity of plankton in tropical waters of the ocean a net with a wider entrance aperture should be used. The proportions of this modification of a typical Juday net should be changed as follows: upper aperture — 80 cm (i. e. 0,5 m):

lateral length of the upper non-filtering cone — 160 cm; lateral length of the netting cone — 370 cm; sieve with 38 meshes per 1 cm.

The Juday net and its modification serve for stratified hauls through the whole water column of 0—10 m; 10—25 m; 25—50 m; 50—100 m; 100—200 m; 200—300 m; 300—500 m (or 200—500 m) and in deeper strata if needed.

In recent years extensive material was obtained especially for Antarctic regions by English scientists, who used a Discovery net (S. Kamp, A. C. Hardy and N. A. Mackintosh 1929, Discovery Reports, vol. I), similar in type to the net of Nansen, which was later somewhat modified and received the name of „International standard net". These three nets, which are much of the same type, have one common drawback, related to the sinking of the net when closing, so that a part of the catch is washed away (H. Barnes 1949, S. Nishizawa and Anraku 1956); furthermore their hydrodynamic characteristics are not as good as those of nets of the Juday type (N. N. Sysoev 1951). There is some evidence indicating that many organisms escape easily through the large-meshed in the upper part. In any case comparisons of the catchability of Nansen and Juday nets have shown (M. A. Virketis 1934, E. B. Kulikova 1954) that in computations of quantities of plankton per 1 m^3 the Juday net yields almost twice as much organisms as the Nansen. I have come to analogous conclusions after comparing these two nets. The Soviet planktologists are using mainly the Juday net. The material collected with this net gives a far better notion of the actual quantity of plankton in the sea.

3. Collection of macroplankton

Nets having a greater diameter and larger meshes than the Juday net should be used for large plankters and fish eggs and fish larvae. In order to take advantage of the good constructive features of the Juday net, and to improve its hydrodynamical characteristics, T. S. Rass and B. G. Bogorov (E. Kulikova 1954) suggested to change the proportions of the device in such a manner that the central large ring should be located in the upper third of the whole length of the net; this will lessen the length of the upper non-filtering canvas cone, and, consequently, facilitate the handling of the long net. The modified nets can be of two types: a small and a large one.

Small model: a net with an aperture having a diameter of 80 cm (i. e. an area of 0.5 m^2); diameter of the middle ring — 113 cm, lateral length of the linen non-filtering cone — 140 cm, lateral length of the netting cone — 280 cm.

Large model. — A net with an aperture having a diameter of 113 cm (i. e. an area of 1 m^2): diameter of the middle ring — 140 cm, lateral length of the linen cone — 160 cm; lateral length of the netting cone — 350 cm.

The sleeve is made from silk bolting cloth, or grit cloth (as well as from perlon or any other synthetic cloth) with 14 meshes per cm. One sample at least should be taken from 0—100 m layer. If possible stratified hauls should be made in layers 0—50; 50—100; 100—200; 200—500; 500—1000, and beyond this at intervals of 1000 m^1).

4. Work done underway

Quantitative plankton samples from the surface layer can be taken underway with the help of a ship pump having a flowmeter attached to the draining pipe (fig. 4). The filters are made of small nets of dense silk bolting cloth. Such ship pumps

[1]) It is desirable to use flowmeters for filtered water, stratified horizontal hauls with any kind of nets (G. L. Clarke and D. F. Bumpus 1939 and others).

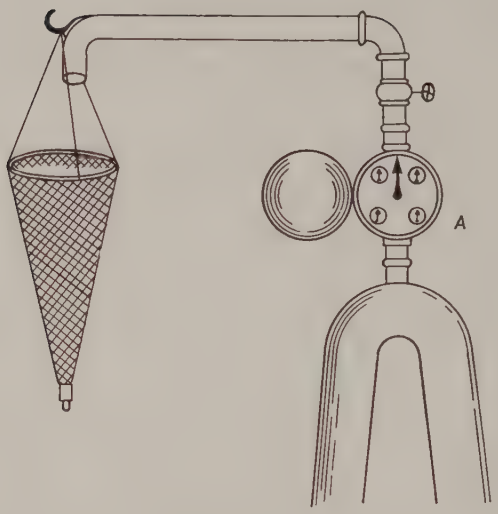


Fig. 4. Adaptation of the plankton-sampler to a ship pump. A pump with hydrometer.

with flowmeters can be used under any conditions, in any weather and are very easy to operate. As shown by practical experience this method can be widely used when navigating among ice floes, where towed devices become impracticable. The disadvantages of the method consist in low catchability of macroplankton and restriction of samples to the surface layer (in relation to the draught of the ship).

Quantitative samples of microplankton can be obtained underway by taking samples of outboard water and allowing them to settle.

5. Collection of materials on the primary production

Two methods are most widely employed in investigations on primary production. The first consists of estimating changes in oxygen-content (Riley 1938, Harvey 1945), in the second C^{14} is used (Steeman-Nielsen 1952). Each of them has its advantages. It will be necessary to carry out comparative investigations of the two methods in the shortest possible time, both to appraise each of them and to obtain coefficients of conversion. The oxygen-method for the determination of primary production most nearly answers the purpose. It permits to determine separately three values important to marine biology; "net production", "gross production" (Harvey 1945) and respiration. However the oxygen-method is not always applicable owing to its low sensibility. It cannot be used in waters of low productivity, or, if used, requires very prolonged expositions, which are undesirable for two causes. Firstly long expositions disturb the normal life activity of algae inclosed in bottles, and, secondly, they are often very difficult to manage.

The main advantage of the isotope-method is its high sensibility, so that short-timed expositions can be used. This permits to use the isotope-method in tropical and other waters with a low production of phytoplankton, and to avoid many

difficulties of organisation. Furthermore the method has the advantage of easy manipulation and rapid determination.

The isotope-method is employed to determine a value intermediate between "gross" and "net" production. In different cases this value corresponds to different fractions of gross production, depending on the duration and conditions of exposure as well as on the physiological state of the algae. However no determinations of respiration alone are possible with this method.

The water temperature in the tanks should be kept under observation.

The measuring of the primary[1]) production of the sea has been carried out by the Institute of Oceanology Academy of Sciences of the USSR since 1954 beginning with the oxygen method and since 1957 also by C^{14}-technique.

The method of the determination of primary production which has been worked out by U. I. Sorokin (1956) makes it possible to measure production in a water column per unit surface area and the number of long-period stations at which the bottles are exposed in the sea has been reduced to a minimum.

The laboratory technique of measuring primary production differs little from that usually used although some differences have been introduced.

Experiments methods, Scheme under figure 5 is based on differentiation between the two basic reasons for the changes in the summary production depending on the depth: irregularity in distribution of phytoplankton (fig. 5C) and diminution of light intensity (fig. 5B). The curves of the first type ("curves of phytoplankton distribution") are obtained by means of exposing samples

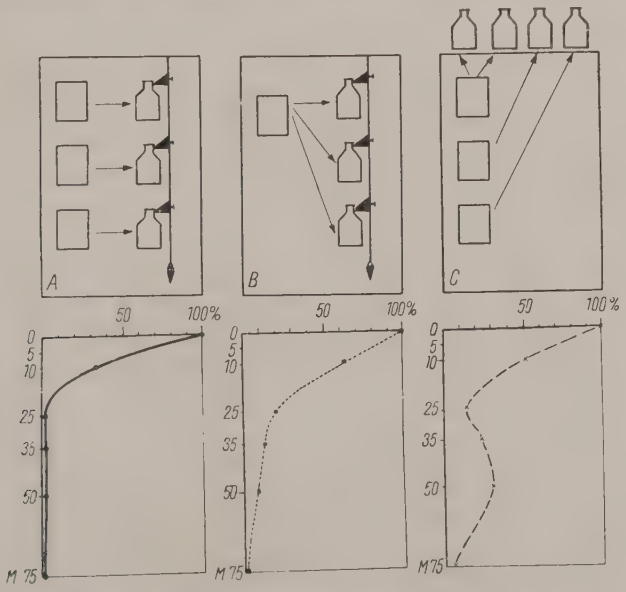


Fig. 5. The scheme for determination the primary production.

[1]) This article was prepared by assistance of O. I. Coblentz-Mishke.

taken from different depths in conditions of identical illumination. The curves of the second type ("curves of dependency of photosynthesis on light") may be obtained by two means: either by the exposing of surface water samples at different depths, or by a calculating method. In the latter case the determination of relation between two values is carried out. These values have been obtained from the parallel exposing of samples taken at different depths on the deck and in the sea. The direct determination of the curves of dependency of photosynthesis on light may be used beneficially in poor regions where in order to obtain correct results it is necessary to concentrate phytoplankton. In the remaining cases the calculating method is preferable.

The curves of this type obtained in the water having one and the same optical characteristics differ little from each other. Therefore they can be obtained only at rare long-period stations and used for calculation at neighbouring stations. Curves of the first type (curves of phytoplankton distribution) vary much more and should be obtained for each station. Their character depends mainly on the hydrological structure of the water body. As a rule the largest quantity of phytoplankton is found over the density discontinuity layer, either equally distributed or it settles and accumulates in a thin layer at the very boundary of densities. In the latter case, sharp maxima are seen on the curves of distribution, and also at the corresponding depths at the curves of vertical distribution of turbidity.

If the layer of concentrated phytoplankton, generally found on thermocline, is located near enough to the surface, the most production occurs there. Therefore, it is important to take from this layer additional samples besides the standard ones. Thermosondage or optical observation may preliminarily locate that layer.

When the curves of the two types are obtained by means of the above-mentioned method it is then possible to determine the vertical changes in summary production by photosynthesis: The set of values showing the curves are expressed in percentage of surface values and the values obtained for one and the same layer are multiplied. Thus a third curve is obtained which coincides, as shown by special experiments, with the curve received at every station by exposing samples "in situ" and reflecting changes in the summary production depending on the depth (Fig. 5A). For the transition to the absolute values, results of the measurements which have been obtained in the surface samples exposed in a barrel with a running water, placed on the deck for half a light day, are used.

The amount of light energy which penetrates to different depths of the sea in the course of a day must be taken into consideration when measuring the primary production. Only with such data is it possible to typify correctly curves of dependency of photosynthesis on light.

Laboratory technique. Samples of water are taken by a water-bottle made of a material which should not suppress algae life, namely: polyethylene plastic, plexiglass, glass or if no other means are found, by ordinary Nansen water-samplers lined inside with a film of paraffin and wax. Each sample should be bottled into 500 ml light bottles with glass stoppers. 2 ml of the initial solution of $Na_2\,{}^{14}CO_3$ is added into each of the bottles by means of a syringe with pipette. Then the contents of the bottles are mixed and exposed to light for not less than three hours (either in the sea or in a barrel, depending on the method of experiment). At the end of the exposure the contents of the bottles are filtered through a carefully boiled membrane filter No. 5, held in the plexiglass millipore filtration apparatus having a diameter of 20 mm. The filter is washed through by 5—6 ml of sea water (previously filtered through filter No. 4) with 2 –3 ml of 2% HCl in 3,5% NaCl and again by sea

water. Then the filter is dried in $CaCl_2$ soda lime desiccator. The activity of the algae is estimated in an autonatic counter. (Counters should be used with a mica window of a thickness of 1—1,5 mg/cm² and diameter of 25 mμ.)

A radioactive sodium carbonate solution is prepared in the following way. 35 g of NaCl and 0,1 g of Na_2CO_3 is dissolved in 1 litre of a KOH solution Normal 0,005 in distilled water. To the above solution is added $Na_2{}^{14}CO_3$ in the amount of 10—20 ml (depending on the region where the work is done). The solution should be kept in a dark place in sterile condition. Before each experiment it is filtered through a membrane filter No. 4. Periodically, every 5 to 10 days, a portion of radioactive carbonate solution is taken in order to determine its activity. At the same time 2 ml of the solution is placed in a tube containing 5 ml of 0,1 N KOH which is closed with a rubber stopper.

After a certain number of such tubes are obtained their contents are transferred to bottles, in which photosynthesis is usually measured. 1 ml of the solution is put into a 5 ml tube of 0,1 N KOH to which is added 1 ml of a 1 % solution of NH_4Cl and 1 ml of 10 % solution of $BaCl_2$. After letting it stand for 10 minutes in a water bath of 80° C the content of the tubes is filtered through membrane filters No. 1, previously weighed exactly to the 4th decimal place, in the same millipore filtration apparatus which is used in standard measurements. After drying for a short time it is possible to determine the activity of $Ba^{14}CO_3$ on the filters (with a correction on selfabsorption). The initial activity is determined under the same conditions as the activity of the filters used in the experiments.

If the initial activity is "R", the activity of algae after exposure "r" (both per litre), the amount of carbon dioxide (determined in parallel samples by the chemical way according to alkalinity and pH) "C", then the production is determined according to the formula: $P = \frac{r \cdot C \cdot 1{,}06}{R}$, where the magnitude 1,06 is a correction factor which is the result of metabolic discrimination against ^{14}C as compared to normal ^{12}C.

It is necessary to make correction on the dark C^{14} uptake. Data used for that purpose are obtained by means of exposure of the sample in the dark bottles under the same condition as in the light ones.

By the oxygen-method we made experiments in the dark and light bottles. A sample of water is taken in the morning, before dawn, from beneath the surface layer, with a bucket (underway) or on stations with a regular bathometer, from depths of 0, 10, 25, 35, 50, 75 and 100 m.

The sample is poured into three light bottles (A, B and C) of 100—200 cm each, with ground-glass stoppers. The bottle A is used for the determination of the initial oxygen content (by WINKLERS method). The determination is made immediately. The second bottle B is enveloped in black lightproof paper and wrapped in a black cloth bag. The bottle C is left undarkened. The bottles B and C are transferred to an aquarium filled with outboard water, or (on prolonged stations) suspended in are transferred to an aquarium filled with outboard water, or (on prolonged stations) suspended in the sea at the same depth from which the sample had been taken. The aquarium is installed on a light (or dark) platform and the temperature of the water kept even with that of the outboard water. 24 hours after the start of the experiment bottles B and C are removed for oxygen-fixation.

The oxygen-content of the bottles B and C changes during the experimental exposure, as compared with its initial value (bottle A): it decreases in bottle B;

and increases usually in bottle *C* (in regions of low productivity the oxygen-content of bottle *C* decreases too, though less markedly than in the bottle *B*.

Let us express by *a* the initial oxygen-content, by *b* the final oxygen-content in the dark bottles and by *c* the final oxygen-content in the light bottles. In this case the difference *a* –*b* will correspond to the loss of oxygen used in the respiratory processes of the organisms and the decomposition of organic compounds. Knowing the difference *c* –*a* it is possible to estimate approximately the net production (H. B. Harvey 1945), while the difference *c*—*b* can be used as a measure of the gross production. The values thus obtained are somewhat too high as they do not allow for the respiration of animals.

To introduce a correction for the difference of respiration under conditions of light and darkness, another light bottle can be added to the experiment. The oxygen of this bottle should be fixed at sunset on the first day of the experiment. Determinations of phytoplankton should be made in duplicate or triplicate.

II. RECOMMENDATION CONCERNING TREATMENT OF MATERIAL

The need for uniform methods of treatment to obtain comparable quantitative data is no less urgent than the need for standardized sampling methods and devices.

The expansion of the fishing industry and the need for estimates of the quantities of living matter in the biosphere and of its transformation have given rise to many new problems. The best method will be to express all the quantities involved in terms of weight. Fish stocks are determined by weight; the distribution of benthos and the alimentation of benthos-feeding fishes too are expressed in terms of weight; consequently the same method should be used in investigations concerned with the abundance of plankton and the feeding of plankton-eating fishes. This is no easy task and many investigators in many countries prefer to deal only with the number of individuals of various species occuring in a sample. Some investigations are concerned with the total volume or total weight of the sample; at best the number of individuals is indicated; much more common are however such subjective estimates as "many", "few" and so on.

Modern quantitative investigations of the plankton biomass should aim to determine the weight value of the various components in the total biomass or in the diet of plankton-eating organisms (plankton consumption). Determinations of the total weight of a sample are relatively easy, but direct weighing of the different species of micro- and macro-plankters found in a sample is practically impossible. The problem must be approached in an indirect way.

This can be done by determining the mean weight of each given species and using such data as coefficients for converting the number of organisms to weight. Thus we obtain the weight of all species in a whole sample or, summing them up, the total weight of a sample. Furthermore we obtain data on the relative importance of each species in the plankton biomass. Further calculations per 1 m^3 present no difficulties. This applies also to investigations of the food of plankton-eating organisms. Knowing the mean weight of different species of plankton organisms it is easy to determine the weight of the food lump and of its various components from the number of ingested organisms. Since the same coefficient (mean weight of plankters) is used in both aspects of research; (*a*) plankton in the sea and (*b*) plankton as food.

the values obtained are directly comparable (for details see B. G. Bogorov 1934a and b).

Attempts to determine the weight of plankton organisms are not new. V. Hansen (1887) gives some data on marine plankton and Apstein indicates a series of weights of freshwater plankters. A. Vinogradov (1927) states the necessity of characterizing each species by its mean weight though for other purposes. However all these attempts were neither systematic nor meant as methods to be used in investigations of weight (biomass) of the whole plankton.

Very interesting material gave Zinziro Nakai (1942) in his investigation upon the chemical composition, volume, weight and size of some plankton organisms from the Japan sea.

The apparent difficulties inherent to determinations of the mean weight of plankters are technically easy to overcome and the method itself has the great advantage that values obtained for plankters of a given basin may be used as coefficients (standard weights) in various investigations. If our suggestions were to be accepted, an opportunity would be opened for an entirely new conception of the importance of different components in the total plankton biomass.

Inferences about the "leading" part of a given component in investigations of plankton or feeding of fishes, based on the "number of organisms" or "frequency of occurrence" are often very misleading. This is well illustrated by the following example (related to the feeding of herring in the White Sea) (B. G. Bogorov 1934b).

In fig. 6 are shown the results obtained by three methods - number of organisms, frequency of occurrence and weight.

Comparing the number of individuals of *Pseudocalanus elongatus* and *Metridia longa* with the frequency of their occurrence, we see that *Metridia longa* stands higher in frequency of occurrence, while *Pseudocalanus* dominates by the number of organisms. Furthermore *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus elongatus*, *Metridia longa* and the *mysis* stages of Decapoda, which differ greatly in number per sample, are similar in frequency of occurrence and occupy almost equal sections on the corresponding diagram. Consequently they might be considered as equally important "leading organisms". But it is quite evident that each of these component

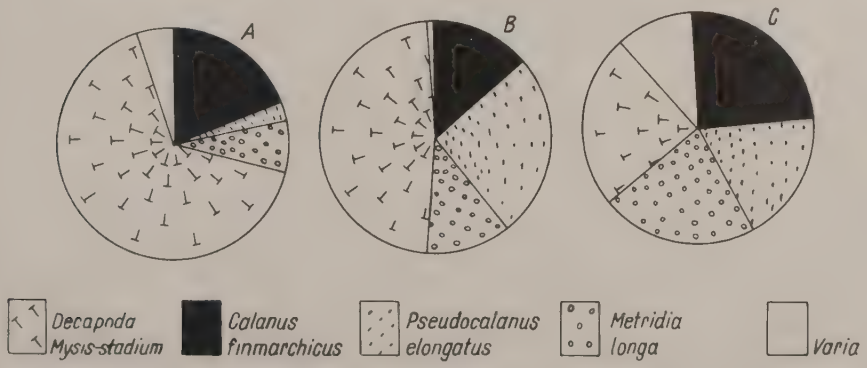


Fig. 6. The importance of different food components in the nutrition of the herring (from the White Sea) expressed in A weight; B number of organisms; C frequency of occurrence.

plays a very different part in the feeding of fishes and the consumption of the plankton biomass, as shown on the diagram.

Neither can the number of organisms fully characterize the importance of a given component as food of fishes. Thus by the number of organisms *Pseudocalanus* occupies a very large section of the diagram, almost equal to that of the *mysis* stages and larger than the section occupied by *Calanus finmarchicus*, but in respect to their biomass the reverse is observed: the section of *Pseudocalanus elongatus* is very small as compared with that of *Calanus finmarchicus*, and especially that of the *mysis* stages.

This applies fully to the distribution of plankton. Small organisms occuring in great numbers will be regarded as "dominant" though from the standpoint of biomass they may be of little importance. On the other hand many forms of common occurence though not numerous may rank first in respect to frequency.

The mean weight of organisms should be determined for adults and for the developmental stages. The weight of large plankters should be determined by size groups[1]).

Ideally living organisms must be weighed, but this is so difficult, to achieve that preserved material may be used instead. Plankton should be preserved with 4 % formalin. Preservation by alcohol has a different effect on various species, thus giving no comparable results.

1. Wet weight — means the weight of an organism from whose surface all surplus liquid has been removed. The drying is done with filtering paper. Though this method is not quite objective, as there are no precise criteria of the degree of drying, the figures obtained in mass determinations are comparable and, on an average, sufficiently reliable.

2. Dry weight — analyses for dry weight are carried out in exsiccators. This method gives more objective figures than the method of raw weight. The dry weight is more comparable and characterizes better the amount of matter in an organism, than the raw weight. Nevertheless the latter is far more widely used in soviet research work; the reason being that the mean weight of most species were determined from calculated body-volume, which corresponds more closely to the raw weight. Furthermore all determinations of quantities of fish, bottom-animals etc. are computed for raw weight.

3. Calculated weight. The mean weight of small or rare forms, which are difficult to weigh, can be calculated from their body-volume (determined geometrically). It must be stated that such a computation is the most simple and rapid method of determining the weight of plankton organisms; and, accordingly, the most widely used.

Calculations of the weight of Calanoids are greatly facilitated by the formula of M. M. Kamshilov (1951):

$$\text{body weight (mg)} = (\text{body length (mm)} \times 0{,}286 + 0{,}005)^3.$$

To use this formula only the lengths of the crustaceans must be known.

As a result of determinations carried out in all the seas surrounding the USSR, mean "standard" weights are now available for almost all representatives of the zoo- and phytoplankton. Such weight characteristics of different forms are widely used in the USSR in determination of plankton biomass and feeding of plankton-consuming fishes (see Tables).

---

[1]) Attention must be given to considerable seasonal and geographic variations in size of organisms (B. G. Bogorov 1934a). Therefore control weighings should be conducted to check the "standard" (mean) weights before using them for concrete purposes.

References

Apstein, C., 1896: Das Süßwasserplankton. Kiel und Leipzig.

Barnes, H., 1949: A statistical study of the variation in vertical plankton hauls with special reference to the loss of the catch with divided hauls. J. Mar. Biol. Ass. **28**, 2, 429—446.

Bogorov, B. G., 1934a: Seasonal changes in biomass of Calanus finmarchicus in Plymouth area in 1930. J. Mar. Biol. Ass. **19**, 2, 585—612.

Богоров, В. Г., 1934б: Исследование питания планктоядных рыб. Бюллетень Всесоюзного Института морского рыбного хозяйства и океанографии № 1, Москва.

(Bogorov, B. G., 1934b: Investigation of Nutrition of plankton-consuming fish. Bull. Inst. Mar. Fisheries a. Oceanography. No. 1, Moscow. English summary.)

— 1940: К методике исследования планктона в море. Некоторые новые приборы для сбора планктона. Зоологический журнал СССР том XIX, вып. I.

(1940: On the Methods of Plankton Investigation in the sea. (Some new apparatus for plankton catches.) Zool. J. **19**, 1, Moscow. English summary.)

— 1947: Инструкция для проведения гидробиологических работ в море (планктон, Бентос) Арктический Институт Главсевморпути, Ленинград.

(1947: Instruction for investigation of plankton and benthos in the sea. Arctic Institute. Instructions. No. 18.)

Clarke, C. L., and Bumpus, D. F., 1939: Brief Account of a plankton sampler. Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. **39**, 1/2, 190.

Harvey, N. W., 1945: Recent advances in the chemistry and biology of the sea water.

Hensen, V., 1887: Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Tieren. Ber. Komm. wiss. Unters. d. dtsch. Meere.

Яшнов, В. А., 1934: Инструкция по сбору и обработке планктона. Всесоюзный Институт морского рыбного хозяйства и океанографии, Москва.

(Jaschnov, W. A., 1934: Instruction for study the plankton. Sc. Inst. of Mar. Fisheries a. Oceanography. Moscow.)

Juday, Ch., 1916: "Limnological Apparatus". Trans. Wisconsin. Acad. of Sc. Art and Let. **XVIII**, 18, 2.

Камшилов, М. М., 1951: Определение веса Calanus finmarchicus G. на основании измерения длины тела. Доклады Академии наук СССР. Том XXVI, № 6.

(Kamshilov, M. M., 1951: Determination of the weight of Calanus finmarchicus based on the measurement of body length. C.R. Acad. Sc. USSR.)

Kemp, S., Hardy, B. C., and Mackintosh, N. A., 1929: Discovery investigations objects, equipment and method. Discovery Reports **1**, 141—232.

Куликова, Е. В., 1954: Сравнительная уловистость некоторых типов планктонных сетей. Труды Института океанологии Академии наук СССР т. XI.

(Kulikova, E. V., 1954: Comparative catchability of some types of plankton nets. Trans. Inst. Oceanology Acad. Sc. USSR **11**, 233—237.)

Nakai, Z., 1942: The chemical composition, volume, weight and size of the important marine plankton. Jap. Oceanology Soc. (suppl.) **1**, 1/2.

Nishizawa, S., and Anraku, M., 1956: A note on Measuring of the volume of Water filtered by Plankton net by means of a flowmeter. Bull. Fac. of Fisheries, Hokkaido University **6**, 4, 298—309.

Riley, G. B., 1938: Plankton studies I. J. Mar. Res. **1**, 4, 335—352.

Steeman-Nielsen, E., 1952: The use of radio-active carbon (C^{14}) for measuring organic production in the sea. J. d. Conseil. **18**, 2, 117—140.

Сорокин, Ю. И., 1956: О применении радиоактивного углерода C^{14} для изучения первичной продукции водоемов. Труды Всесоюзного гидробиологического общества т. VII.

Сысоев, Н. Н., 1956: Некоторые гидродинамические испытания планктонных сетей. Труды Института океанологии АН СССР т. XIX.

(Sysoev, N. N., 1956: Some hydrodynamical notes of plankton-nets and their implications. Trans. Inst. Oceanology Acad. USSR.)

Thompson, H., 1950: Notes on the standartisation of methods in planktological work. FAO Indo-Pacific Fisheries Council Proc. 2nd Meeting, 17—28. April 1950, **1**, 42—44.

Усачев, П. И., 1936: Методика сбора и обработки планктона. Труды Первой Всекаспийской научной рыбохозяйственной конференции т. I. Пищепромиздат.

(Ussachev, P. I., 1936: The method of collection and study the plankton. Trans. Caspian Sc. Fishery Conf. **1**.)

Виноградов, А. П., 1927: Правила определения среднего веса животных и растений: серия «Наставления для определения геохимических постоянных». Изд. Академии наук СССР.

(Vinogradov, A. P., 1927: On the determination of the weight of animals and plants. Instruction of the determination of geochemical constants.)

Виркетис, М. А., 1934: Сравление уловистости планктонных сетей системы Нансена и Джедди. Известия Гос. гидрологического института т. 68, Ленинград.

(Virketis, M. A., 1934: Comparative catchability of plankton nets of the Nansen and Juday types. State Hydrological Inst. of USSR **68**.)

Prof. Dr. B. G. Bogorov
Institute of Oceanology
Academy of Sciences of the USSR
Moscow 127
Lushnikowskaja 8

Table 1. Mean size and weight of some zooplankton organisms from the Barents Sea

	Size in mm	Wet weight in mg
Tintinnopsis beroidea	0,064	0,00004
Tintinnopsis nitida	0,08	0,00012
Tintinnopsis ventricosa	0,092	0,0003
Tintinnopsis ventricosa var. minor	0,066	0,0001
Tintinnopsis karajecensis	0,085	0,00001
Tintinnopsis tubulosa	0,075	0,000014
Cytharocylis laciniosa	0,0155	0,0006
Tintinnoidea gen. sp.	—	0,00001
Synchaeta sp.	—	0,001
Trochophora gen. sp.	—	0,1
Lamellibrachiata larvae	—	0,01
Veliger	—	0,03—0,5
Acartia clausi adult	1,2	0,065
Acartia longiremis adult	1,15	0,051
Acartia longiremis juvenis	—	0,03
Centropages hamatus	1,4	0,095
Centropages typicus	1,8	0,225
Centropages juvenis	—	0,03
Microcalanus pusilus	0,7	0,018
Microcalanus juvenis	—	0,005
Microsotella atlantica	0,45	0,002
Microsotella juvenis	—	0,0012
Oithona plumifera var. atlantica	1,25	0,023
Oithona similis	0,8	0,007
Oithona juvenis	—	0,002
Oncaca borealis	1,0	0,026
Oncaca juvenis	—	0,008
Temora longicornis	1,25	0,064
Temora juvenis	—	0,02
Conchaecia sp.	—	0,5
Nauplius Calanus finmarchicus	—	0,01
Nauplius Pseudocalanus	0,4	0,005
Nauplius Acartia	0,2	0,002
Nauplius Microsotella	—	0,0008
Nauplius Balanus	—	0,01
Cypris stadium	0,6	0,01
Cypris stadium	1,0	0,06
Euphausiidae ova	—	0,002
Euphausiidae nauplii	—	0,05
Ophiopluteus	0,1	0,001
Fritillata borealis	1,0	0,02
Oicopleura labradoriensis	1,0	0,12
Oicopleura vanhöffeni	2,0	1,3
Oicopleura vanhöffeni	4,0	10,0
Oicopleura vanhöffeni	6,0	36,0

Table 2. Mean size and weight of zooplankton organisms in different regions of the Barents Sea

Calanus finmarchicus

Regions	Wet weight in mg							
		adult						
	t	♀	♂	V	IV	III	II	I
1. Southern (69 N—75 N)	4,7	0,79	—	0,57	0,33	0,13	0,05	0,03
2. Central (75 N—77 N)	1,08	1,44	—	0,80	0,33	0,08	—	—
3. Northern (77 N—80 N)	—0,5	2,46	3,80	2,21	0,47	0,16	0,07	0,03

Calanus finmarchicus

Regions	Size in mm							
		adult						
	t	♀	♂	V	IV	III	II	I
1. Southern (69 N—75 N)	4,7	3,22	—	3,02	2,47	1,79	1,23	0,89
2. Central (75 N—77 N)	1,08	3,78	-	-	-	—	—	-
3. Northern (77 N—80 N)	—0,5	4,57	5,16	4,17	2,96	2,12	1,55	1,14

Calanus hyperboreus

Regions	Wet weight in mg				Size in mm			
	t	♀	♂	V	IV	♀	V	IV
1. Southern (69 N—75 N)	4,7	4,0	—	3,2	1,4	6,0	5,5	3,9
2. Central (75 N—77 N)	1,08	8,6	5,35	3,9	1,6	7,1	5,5	4,0
3. Northern (77 N—80 N)	—0,5	13,4	—	7,4	1,7	8,0	6,0	4,16

Euchaeta norvegica

Regions	Wet weight in mg				Size in mm		
		adults			adults		
	t	♀	♂	V	♀	♂	V
1. Southern (69 N—75 N)	4,7	12,0	6,0	5,3	3,3	6,4	5,7
2. Central (75 N—77 N)	1,08	12,0	5,9	6,0	8,4	6,5	5,8
3. Northern (77 N—80 N)	—0,5	13,9	0,8	8,4	9,0	8,0	6,8

Table 3. Mean weight of zooplankton organisms from the Barents Sea (Wet weight in mg)

			Adults		Copepodite stages		
			V	IV	III	II	I
1. *Calanus finmarchicus*	1,29	2,14	1,19	0,44	0,13	0,06	0,03
2. *Calanus hyperboreus*	8,7	5,4	4,84	1,57	—	—	—
3. *Paracalanus parvus*	0,03	0,03	0,025	0,015	0,012	0,009	0,005
4. *Pseudocalanus elongatus*	0,08	—	0,07	0,06	0,04	0,025	0,018
5. *Euchaeta norvegica*	12,7	6,2	6,6	—	—	—	—
6. *Metridia lucens*	0,32	0,15	0,16	0,1	0,05	0,02	0,01
7. *Metredia longa*	1,38	0,49	0,62	0,21	0,1	0,04	0,02
8. *Drepanopus bungei*	0,06	0,03	0,04	0,03	0,025	0,15	0,01
9. *Limnocalanus grimaldii*	—	0,5	0,3	0,15	0,08	0,03	0,02
10. *Eucalanus elongatus*	—	1,1	1,0	0,35	0,12	0,06	0,03
11. *Gaidius sp.*	—	—	0,16	0,10	0,005	0,03	0,02

Table 4. Mean weight of macroplankton organisms from the Barents Sea (wet weight in mg)

Size in mm	*Aglantha digitalis*	*Aeginopsis laurentii*	*Dyphyes arctica*	*Clione limacina*	*Decapoda larvae*
2—3	0,4	0,2	0,5	2,0	0,2
3—4	1,0	0,6	0,9	2,5	0,5
4—5	2,0	0,7	2,2	3,0	1,0
5—6	4,0	1,2	3,1	4,0	2,0
6—7	5,0	1,7	4,0	5,2	3,2
7—8	6,0	2,1	5,5	6,0	4,6
8—9	11,0	2,5	7,0	8,0	5,5
9—10	14,0	4,0	9,0	10,0	6,1
10—11	21,0	6,0	12,0	12,0	7,5
11—12	24,0	8,0	—	15,0	8,5
12—13	44,0	10,0	—	18,0	10,0
13—14	56,0	12,0	—	20,0	13,0
14—15	63,0	15,0	—	30,0	17,0
15—16	70,0	20,0	—	50,0	20,0
16—17	80,0	25,0	—	70,0	—
17—18	92,0	30,0	—	90,0	—
18—19	110,0	—	—	110,0	—
19—20	130,0	—	—	160,0	—
20—21	—	—	—	190,0	—
21—22	—	—	—	210,0	—

Table 5. Mean weight of macroplankton organisms from the Barents Sea (wet weight in mg)

Size in mm	*Sagitta elegans*	*Eukrohnia hamata*	*Themisto abyssorum*	*Themisto libellula*	*Hyperia galba*	*Thisanoessa inermis*	*Thisanoessa raschii*	*Thysanoessa longicaudata*	*Thysanoessa neglecta*	*Meganyctiphanes norvegica*
2—3	0,1	0,1	1,0	1,0	2,0	0,3	0,2	0,5	0,5	0,2
3—4	0,15	0,15	2,0	2,0	3,0	0,6	0,5	0,8	0,8	0,5
4—5	0,19	0,2	3,0	2,5	4,0	1,3	1,0	1,2	2,0	1,0
5—6	0,22	0,25	5,0	3,5	7,0	2,0	1,7	2,0	3,0	2,0
6—7	0,25	0,3	7,0	4,5	9,0	3,0	2,5	3,0	4,0	3,0
7—8	0,28	0,4	12,0	7,0	12,0	4,2	4,0	4,0	6,0	4,0
8—9	0,3	0,5	17,0	10,0	16,0	6,4	6,0	7,0	10,0	5,0
9—10	0,6	0,7	24,0	20,0	20,0	9,4	7,0	10,0	13,0	7,0
10—11	0,7	1,1	35,0	29,0	—	12,0	8,0	12,0	20,0	11,0
11—12	0,8	1,3	50,0	37,0	—	17,0	12,0	17,0	29,0	15,0
12—13	1,2	1,6	60,0	44,0	—	25,0	18,0	26,0	—	18,0
13—14	1,6	1,8	70,0	50,0	—	31,0	21,0	—	—	24,0
14—15	2,0	2,6	—	60,0	—	40,0	33,0	—	—	24,0
15—16	2,5	2,8	—	72,0	—	51,0	38,0	—	—	38,0
16—17	3,0	3,6	—	80,0	—	57,0	42,0	—	—	46,0
17—18	3,4	5,0	—	90,0	—	79,0	58,0	—	—	53,0
18—19	3,7	5,4	—	100,0	—	90,0	65,0	—	—	60,0
19—20	7,3	6,3	—	120,0	—	100,0	70,0	—	—	70,0
20—21	8,6	8,6	—	—	—	112,0	100,0	—	—	80,0
21—22	10,0	10,0	—	—	—	123,0	—	—	—	93,0
22—23	13,0	11,0	—	—	—	135,0	—	—	—	110,0
23—24	14,0	14,0	—	—	—	150,0	—	—	—	130,0
24—25	15,0	16,0	—	—	—	—	—	—	—	150,0
25—26	17,0	19,0	—	—	—	—	—	—	—	170,0
26—27	20,0	21,0	—	—	—	—	—	—	—	190,0
27—28	21,0	23,0	—	—	—	—	—	—	—	210,0
28—29	25,0	28,0	—	—	—	—	—	—	—	230,0
29—30	27,0	29,0	—	—	—	—	—	—	—	250,0
30—31	32,0	35,0	—	—	—	—	—	—	—	270,0
31—32	35,0	40,0	—	—	—	—	—	—	—	290,0
32—33	37,0	46,0	—	—	—	—	—	—	—	—
33—34	40,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34—35	45,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35—36	51,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36—37	70,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37—38	81,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Table 6. Mean weight of zooplankton organisms from the Okhotsk and Bering Seas (mg of wet weight)
Determinated by E. A. Lubny-Gerzyk

Organisms	Adults		Stages				
	♀	♂	V	IV	III	II	I
1. *Calanus finmarchicus*[1])	3,07	2,3	2,25	0,75	0,25	—	—
2. *Calanus finmarchicus*	2,6	2,3	1,63	0,75	0,25	—	—
3. *Calanus tonsus*[1])	5,2	2,7	3,1	0,67	0,28	0,06	0,02
4. *Calanus tonsus*	3,5	2,7	3,05	0,67	0,28	0,06	0,02
5. *Calanus tonsus (plumchrus)*	—	—	3,4	—	—	—	
6. *Calanus cristatus*[1])	25,1	17,3	20,1	7,6	1,8	—	—
7. *Calanus cristatus*	22,0	16,0	17,3	7,6	1,8	—	—
8. *Calanus tenuicornis*	0,29	0,22	0,13			—	—
9. *Calanus pacificus*	2,0		1,35			—	—
10. *Pseudocalanus elongatus*	0,1	0,08	0,08	0,01	0,01	0,007	0,004
11. *Eucalanus bunbii*[1])	9,8	4,5	4,4	2,0	0,85	—	—
12. *Eucalanus bungii*	8,2	4,5	4,4	2,0	0,85	—	—
13. *Metridia ochotensis*	2,65	0,32	1,00	0,34	0,1	0,046	0,01
14. *Metridia pacifica*	0,87	0,16	0,27	0,07	0,06	0,04	0,01
15. *Microcalanus pigmeus*	0,01	0,01	0,01	0,01	—	—	—
16. *Microcalanus pusillus*	0,06						
17. *Paracalanus parvus*	0,01	0,01	0,01	0,01	—	—	—
18. *Clausocalanus arcuicornis*	0,01	0,01	0,01	0,01	—	—	—
19. *Scolecithricella minor*	0,16	0,1	—	—	—	—	
20. *Scolecithricella ovata*	—	—	1,3	1,02	—	—	—
21. *Spinocalanus sp.*	0,61	—	—	—		—	
22. *Spinocalanus similis*	0,07	—	0,06	0,047	—	—	—
23. *Scaphocalanus sp.*	0,47	0,76	0,33	—	—		—
24. *Amallophora sp.*	4,7		—	—	—	—	
25. *Gaidius brevispinus*	3,7	1,5		—			—
26. *Gaetanus minor*	2,71	—	2,2		—		
27. *Chiridius pacificus*	2,62			—	—	—	
28. *Pareuchaeta japonica*	16,3	—	8,1	3,6	0,5	0,2	—
29. *Pareuchaeta rubra*	16,0	(7,0)	8,0	—		—	
30. *Pareuchaeta polaris*	22,0						
31. *Pareuchaeta barbata*	40,0	—	—	—			
32. *Pleuromamma scutullata*	1,9	0,95	1,24	—			
33. *Heterorhabdus tanneri*	3,4	1,9					
34. *Centropages macurrichi*	0,18	0,12	0,08	0,07	0,03	—	—
35. *Candacia columbiae*	3,1	—			—		
36. *Acartia longiremis*	0,05	0,05	0,04	0,01	0,008	—	—
37. *Xantocalanus sp.*	17,9				—		
38. *Xantocalanus maximus*	41,0			—	—	—	—
39. *Tortanus discaudatus*	0,14	0,07			—	—	—
40. *Aetideus pacificus*	0,64	—		—			
41. *Pachiptilus pacificus*	15,5	—	—				
42. *Eurytemora hirundoides*	0,06	0,03	0,06	0,02	0,01	—	—
43. *Racovitzanus antarcticus*	0,4	0,37	0,2	—	—		
44. *Lucicutia sp.*	0,43	0,4					

[1]) For Okhotsk sea.

Organisms	Adults		Stages				
	♀	♂	V	IV	III	II	I
45. *Haloptilus sp.*	3,64	—	—	-	-	—	
46. *Pseudochirella spinifera*	16,0	—	—	-		—	—
47. *Pseudochirella polispina*	12,0	-		-		—	
48. *Epilapidocera amphitrites*	—	0,93	—	-		—	
49. *Derjuginia tolli*	—	—	0,48	-	-	—	
50. *Neoaugaptilus distinctus*	7,5	—	—	—	—	—	—
51. *Euaugaptilus hyperboreus*	8,7	—	—	—	—	—	—
52. *Bathycalanus bradyi*	37,0		—	—	-	-	

Table 7

	mg		mg
53. *Oithona similis*	0,007	68. *Cypris st. Balanus*	0,06
54. *Oithona plumifera*	0,023	69. *Conchoecia* (0,5—1,5 mm)	0,25
55. *Oncaea borealis*	0,014	70. *Conchoecia* (1,5—3 mm)	0,5
56. *Oncaea conifera*	0,19	71. *Globigerina*	0,015
57. *Oncaea conifera*	0,01	72. *Dimophyca arctica*	4—5
58. *Mecrosetella rosea*	0,021	73. *Polichaeta larvae*	0,028
59. *Nauplii Copepoda*	0,005—0,007	74. *Clione juv.* (5—6 mm)	15,2
60. *Ova Euphausiidae*	0,02	75. *Clione juv.* (6—8 mm)	19,7
61. *Nauplii Euphausiidae*	0,03	76. *Clione juv.* (8—10 mm)	60,0
62. *Calyptopis*	0,06	77. *Clione juv.* (10—12 mm)	63,0
63. *Furcilia*	0,15	78. *Lamellibranchiata larvae*	0,01
64. *Cyrtopia*	0,33	79. *Ophiopluteus*	0,001
65. *Zoea*	2,66	80. *Oicopleura sp.*	0,02
66. *Megalopa*	3,66	81. *Fritillaria borealis*	0,02
67. *Nauplii balanus*	0,01		

Table 8. Mean weight of zooplankton from Okhotsk and Bering Seas (wet weight in mg)
Determinated by E. A. Lubny-Gerzik

Size in mm	*Sagitta*	*Parathemisto japonica*	*Parathemisto libellula*	*Euprimno macropus*
3—4	—	2,0	2,0	3,0
4—5	—	3,0	2,5	4,0
5—6	—	4,0	3,7	4,7
6—7	—	9,3	5,0	9,1
7—8	0,3	10,7	6,0	11,7
8—9	0,4	—	9,7	18,0
9—10	0,8	—	14,0	21,6
10—11	1,3	—	19,0	30,0
11—12	1,5	—	21,8	35,0
12—13	1,8	—	27,2	45,0
13—14	2,3	—	32,0	65,0
14—15	2,9	—	39,7	80,0
15—16	4,2	—	46,0	108,5
16—17	4,5	—	53,0	120,0
17—18	6,0	—	58,0	136,0
18—19	7,0	—	62,7	—
19—20	8,0	—	82,2	—
20—21	9,0	—	103,2	—
21—22	10,0	—	117,3	—
22—23	12,0	—	—	—
23—24	14,0	—	—	—
24—25	18,0	—	—	—
25—26	22,0	—	—	—
26—27	25,0	—	—	—
27—28	29,0	—	—	—
28—29	33,3	—	—	—
29—30	37,0	—	—	—
30—31	42,2	—	—	—
31—32	46,3	—	—	—
32—33	50,0	—	—	—
33—34	60,0	—	—	—
34—35	70,0	—	—	—
35—36	80,0	—	—	—

Table 9. Mean wet weight of some phytoplankton organisms from differents seas in 1.10^{-8} mg (m^3)
Determinated by P. J. Ussachev

	mg
Diatomeae	
Actinoptychus undulatus	40000
Asterionella japonica	2000
Asteromphalus robustus	70000
Bacteriastrum delicatulum	4500
Biddulphia aurita	38000
Chaetoceros affinis	2000
Ch. affinis (spores)	1000
Ch. atlanticus	6000
Ch. borealis	5000
Ch. compressus	2000
Ch. compressus (spores)	1000
Ch. concavicornis	6000
Ch. constrictus	2500
Ch. constrictus (spores)	1000
Ch. convolutus	6000
Ch. danicus	2000
Ch. debilis	2500
Ch. debilis (spores)	1500
Ch. decipiens	3000
Ch. didymus	2500
Ch. didymus (spores)	1000
Ch. laciniosus	2000
Ch. mitra	5000
Ch. radicans	600—1000
Ch. similis	1000
Ch. subsecundus	1500
Corethron hystrix	60000
Coscinodiscus curvatulus	25000
Cos. marginatus	150000
Cos. oculus iridis	400000
Cos. radiatus	10000
Cos. polychorda	25000
Dactiliosolen mediterraneus	25000
Denticula marina	1000
Ditylum Brightwellii	100000
Lauderia borealis	30000
Leptocylindrus danicus	1500
Nitzschia closterium	100—200
Nitz. longissima	300
Nitz. seriata	500
Rhizosolenia alata	30000
Rh. delicatula	2500
Rh. fragilissima	8000
Rh. hebetata	50000
Rh. hebetata f. hiemalis	150000
Rh. setigera	40000
Rh. styliformis	750000
Stephanopyxis nipponica	60000
Steph. Palmeriana	80000
Sceletonema costatum	100—300
Thalassionema nitzschioides	400—600
Thalassioisira decipiens	20000
Th. gravida	28000
Th. gravida (spores)	20000
Th. excentricus	50000
Th. Nordenskiöldii	10000
Thalassiothrix longissima	60000
Peridineae	
Ceratium fusus	50000
Cer. longipes	100000
Cer. macroceros	100000
Cer. pentagonum	60000
Cer. tripos	225000—300000
Dinophysis acuminata	25000
Din. acuta	50000
Din. norvegica	60000
Exuviaella baltica	600
Goniaulax polyedra	34000—50000
Gon. spinifera	25000
Peridinium claudicans	100000
Per. curvipes	40000
Per. crassipes	20000
Per. depressum	600000
Per. globulus var. quarnerense (= *P. cerasus* Paul.)	50000
Per. Leone	100000
Per. pallidium	70000
Per. subinerme	60000
Phalacrona rotundatum	20000
Protoceratium reticulatum	35000
Coccolithineae	
Pontosphaera huxleyi	250—400
Silicoflagellatae	
Distephanus speculum	10000
Egria tripartita	16000
Flagellatae	
Dinobryon pellucidum	100
Heterocontae	
Holosphaera viridis typ. + f. minor:	
diam. 200—300 μ	8000000
diam. 150—200 μ	2500000
diam. 100—150 μ	1000000
diam. 50—100 μ	200000
diam. 30—50 μ	32000
diam. 30 μ	8000

Hinweise für die Autoren der Zeitschrift

1. Manuskripte werden erbeten an einen der Herausgeber:
   Prof. Dr. Hubert Caspers, Zoologisches Staatsinstitut, Hamburg 13, Bornplatz 5,
   Prof. Dr. Fritz Gessner, Botanisches Institut, München 19, Menzinger Straße 67,
   Prof. Dr. Arno Wetzel, Zoologisches Institut, Leipzig C 1, Talstraße 33,
   oder an den VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin W 8, Niederwallstraße 39.
2. Herausgeber und Verlag bitten darum, daß die Manuskripte völlig druckfertig, in guter Verpackung und per Einschreiben geschickt werden. Die Manuskripte sollen in einer der Kongreßsprachen abgefaßt und zweizeilig mit Schreibmaschine geschrieben sein. Am Schluß der Arbeit soll die vollständige Adresse des Autors angeführt werden. Das Institut, aus dem die Arbeit stammt, wird auf Wunsch am Kopf der Arbeit vermerkt. Wegen der besseren Orientierungsmöglichkeit für den Leser wird gebeten, vor dem eigentlichen Text jeder Arbeit ihre Gliederung anzuführen.
3. Die Abbildungen dürfen nicht aufgeklebt werden. Sie sollen auf der Rückseite numeriert sein. Der gewünschte Verkleinerungsmaßstab kann angegeben werden. Die Abbildungsunterschriften bitte auf einem gesonderten Blatt der Reihe nach aufführen, dabei die in den Abbildungen verwendeten Abkürzungen auch dort, nicht nur im Text erklären.
4. Gut reproduzierbare Zeichnungen und Photographien beschleunigen die Drucklegung. Hinweislinien und Erklärungen in den Zeichnungen aber bitte immer nur mit Bleistift angeben. Die Reinschrift besorgt der Verlag.
5. Literaturangaben werden im Text durch den Namen des Autors sowie die Jahreszahl der Veröffentlichung gekennzeichnet (mehrere Veröffentlichungen im Jahr zusätzlich mit a, b, c usw.). Am Schluß der Arbeit folgt ein alphabetisch geordnetes Literaturverzeichnis in folgender Form: Name des Autors, Vorname (abgekürzt), Jahreszahl: vollständiger Titel der Arbeit. Abgekürzter Name der Zeitschrift (bzw. Erscheinungsort) Band, Seitenzahl.
6. Autorennamen werden in Kapitälchen gesetzt, im Manuskript einfach unterstrichen.
   Lateinische Pflanzen- und Tiernamen werden kursiv gesetzt, im Manuskript gewellt unterstrichen.
   Hervorzuhebende Stellen erscheinen im Druck gesperrt, im Manuskript werden sie durch Strichelung gekennzeichnet.
   Kleindruck (in erster Linie für Literaturbesprechung, Methodisches usw. verwendet) wird am Rande des Manuskriptes durch senkrechten Strich gekennzeichnet.
7. Der Autor erhält sowohl zwei Fahnen- als auch zwei Umbruchabzüge. Er wird gebeten, jeweils umgehend ein korrigiertes Fahnenexemplar an den für das betreffende Heft zuständigen Herausgeber bzw. ein Umbruchexemplar an den Verlag zurückzuschicken.

S. I. KUSNEZOW

Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen

Übersetzung aus dem Russischen und wissenschaftliche Redaktion: A. Pochmann

X/301 Seiten, 77 Abb., Gr. 8°, Leinen, DM 36,—

Der Verfasser beschäftigt sich mit einem bisher relativ wenig bearbeiteten, aber sowohl für die hydrobiologische Grundlagenforschung als auch die fisch- und wasserwirtschaftliche Praxis sehr wichtigen Thema, der Bedeutung der Mikroorganismen, besonders der Bakterien für den Stoffhaushalt der Gewässer. Den Hauptteil des Buches bildet die Beschreibung des Kreislaufs von Sauerstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Schwefel und Eisen in den Seen. Die starke gegenseitige Abhängigkeit der einzelnen Faktoren voneinander wird ausführlich dargelegt. Daneben schildert der Verfasser die hydrobiologischen und hydrochemischen Verhältnisse, die methodischen Probleme sowie Qualität und Quantität des Bakterienbestandes und geht abschließend auf die große praktische Bedeutung ein, die die von ihm behandelten Fragen haben.

*

J. K. SUWOROW

Allgemeine Fischkunde

Übersetzung aus dem Russischen: H. Hattop
Wissenschaftliche Redaktion: E. Amlacher

581 Seiten, 285 Abb., Gr. 8°, Leinen, etwa DM 56,—

Der erste Teil des Buches behandelt die Morphologie, also Haut, Skelett, Muskulatur, Nervensystem, Sinnesorgane usw.
Der zweite Teil ist der Biologie der Fische gewidmet. Er enthält Kapitel über das Wachstum, den Einfluß des äußeren Milieus, die Beziehungen zu anderen Organismen, die Ernährung, die Fortpflanzung und die Wanderungen. Der dritte Teil schließlich umfaßt je ein Kapitel über die geographische Verbreitung der Fische und über die phylogenetischen Probleme. In allen Abschnitten bemühte sich der Verfasser darum, sowohl der großen theoretischen Bedeutung, die die Fischkunde für die vergleichende Anatomie und für die Stammesgeschichte hat, als auch ihrer enormen Wichtigkeit in der Volkswirtschaft gerecht zu werden. So entstand ein Buch, das für den Biologen wie für den Fischwirt in der Praxis von gleichem Nutzen ist.

Dieses Werk erhalten Sie in Ihrer Buchhandlung

VEB DEUTSCHER VERLAG DER WISSENSCHAFTEN
Berlin W 8, Niederwallstraße 39